


W 2552 EN

ELECTRON BEAM TYPE INSPECTING METHOD, DEVICE THEREFOR, MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR, AND ITS MANUFACTURING LINE

Patent number: JP9320505
Publication date: 1997-12-12
Inventor: HIROI TAKASHI; TANAKA MAKI; WATANABE MASAHIRO; KUNI TOMOHIRO; MATSUYAMA YUKIO; TAKAGI YUJI; SHINADA HIROYUKI; NOZOE MARI; SUGIMOTO ARITOSHI
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
 - international: **H01J37/28; H01J37/28;** (IPC1-7): H01J37/256; H01J37/20; H01J37/22; H01J37/28; H01L21/66
 - european: H01J37/28
Application number: JP19960193143 19960723
Priority number(s): JP19960193143 19960723; JP19960075846 19960329

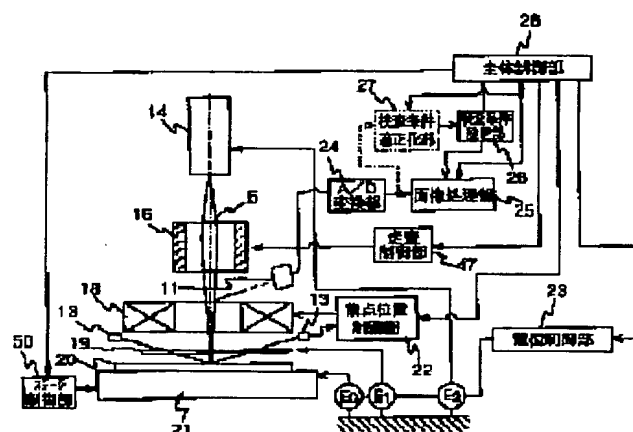
Also published as:

 US5986263 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP9320505

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a fine defect with high reliability at high speed by performing the inspection or measurement for a target from the signal showing the change detected by emitting an electron beam to the target. **SOLUTION:** A wafer to be actually inspected is loaded, each potential is controlled by a potential control part 23, and a focus point offset is set by a focus position control part 22. The electron beam from an electron beam source 14 is scanned in X-direction by use of a beam deflector 15 by the control of a scanning control part while driving in Y-direction at a prescribed speed by the instruction from a total control part 26, and a continued two-dimensional image signal is detected from a secondary electron detector 16. It is converted into a two-dimensional digital image signal by an A/D converter 24, and stored in the image memory of an image processing part 25. The detected two-dimensional digital image signal is compared with the two-dimensional digital image signal stored in the image memory, and a part different therefrom is judged as a defect, and recorded in a memory within the image processing part 25 or the total control part 26. After the inspection is completed, the wafer is unloaded.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-320505

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/256			H 0 1 J 37/256	
37/20			37/20	C
37/22	5 0 2		37/22	5 0 2 A
37/28			37/28	Z
H 0 1 L 21/66			H 0 1 L 21/66	J
審査請求 未請求 請求項の数38 O L (全 36 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-193143

(22) 出願日 平成8年(1996)7月23日

(31) 優先権主張番号 特願平8-75846

(32) 優先日 平8(1996)3月29日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 広井 高志

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 田中 麻紀

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 渡辺 正浩

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

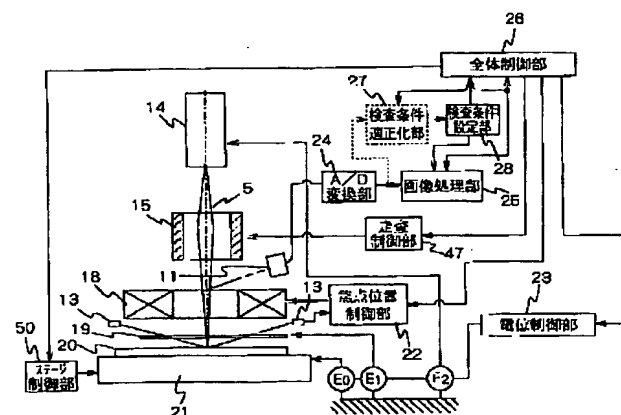
(54) 【発明の名称】 電子線式検査方法及びその装置並びに半導体の製造方法及びその製造ライン

(57) 【要約】

【課題】本課題は、電子線を被対象物上に照射した際生じるチャージアップ現象を低減して被対象物からの二次電子または反射電子等による物理的性質を現した高コントラストの信号を得て高速で微細な欠陥を高信頼性で検査できるようにした電子線式検査方法およびその装置を提供することにある。

【解決手段】本発明は、電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法およびその装置である。

図 13



11…センサ(二次電子検出器) 13…高さ検出センサ 14…電子線源
15…ビーム偏向器 18…対物レンズ 19…電位付与手段(グリッド)
20…被対象物 21…試料台

【特許請求の範囲】

【請求項1】電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項2】電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号を表示手段に表示することを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項3】被対象物の表面における断面構造の種類に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項4】被対象物の表面における少なくとも材質の種類に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項5】被対象物の表面における断面構造の変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項6】被対象物上への電子線ビーム照射領域における断面構造の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項7】被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象

物近傍における電位勾配とを設定し、この設定された加速電圧に制御された状態で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記設定された電位勾配に制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項8】被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを設定し、この設定された加速電圧に制御された状態で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記設定された電位勾配に制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項9】前記チャージアップの現象を二次電子放出効率として捉えることを特徴とする請求項7又は8記載の電子線式検査方法。

【請求項10】前記電子線ビームの加速電圧は、0.3KV～5KVの範囲であることを特徴とする請求項1又は2又は3又は4又は5又は6又は7又は8記載の電子線式検査方法。

【請求項11】前記被対象物近傍における電位勾配は、5KV/mm以下であることを特徴とする請求項1又は2又は3又は4又は5又は6又は7又は8記載の電子線式検査方法。

【請求項12】電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項13】被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応させて電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項14】電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する検査

条件に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項15】電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項16】電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出することを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項17】電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出することを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項18】被対象物の表面にプリチャージ又はディスチャージを与え、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項19】被対象物の表面にプリチャージ又はディスチャージを与え、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面における構造的特徴を抽出することを特徴とする電子線式検査方法。

【請求項20】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項21】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍

における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項22】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項23】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における少なくとも材質の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項24】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物上への電子線ビーム照射領域における断面構造の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項25】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる

対物レンズと、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項26】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項27】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御する制御手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項28】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応させて電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御する制御手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項29】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する検査条件を作成する検査条件作成手段と、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から前記検査条件作成手段で作成された検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項30】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する検査条件を作成する検査条件作成手段と、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から前記検査条件作成手段で作成された検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項31】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する特徴抽出パラメータを作成する特徴抽出パラメータ作成手段と、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から前特徴抽出パラメータ作成手段で作成された特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出する画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項32】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面にプリチャージ又はディスチャージを与える手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号から検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項33】電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面にプリチャージ又はディスチャージを与える手段と、電子線ビームを被対象物に

対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号から特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出する画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置。

【請求項34】基板を処理する複数の処理装置と該複数の処理装置を制御する制御装置とを備えた半導体製造ラインであって、所定の処理装置で処理された基板上に電子線ビームを照射することによって得られる画像信号に基づいて検査する電子線式検査装置を備え、該電子線式検査装置から得られる検査結果に基づいて前記制御装置により前記処理装置を制御することを特徴とする半導体の製造ライン。

【請求項35】電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて半導体基板から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて半導体基板について検査または計測を行って半導体基板を製造することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項36】電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを半導体基板に対して照射し、半導体基板から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から半導体基板について検査または計測を行って半導体基板を製造することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項37】電子線ビームを半導体基板に対して照射し、半導体基板から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から半導体基板の表面におけるチャージアップの現象に対応する検査条件に基づいて半導体基板について検査または計測を行って半導体基板を製造することを特徴とする半導体の製造方法。

【請求項38】前記検査または計測結果を解析して所定のプロセスにフィードバックすることを特徴とする請求項35又は36又は37記載の半導体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物の物理的性質を現した画像又は波形を得て欠陥判定し、または特定個所の寸法若しくは形状情報若しくは製作条件等を計測する等して検査する電子線式検査方法及びその装置並びに半導体の製造方法及びその製造ラインに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の電子線式検査技術は、例えば特開

平5-258703号公報記載されているように、同一の条件で電子線を照射した時発生する二次電子を検出し、電子線を走査することで二次電子の画像を得、その画像を元に欠陥判定をするものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術においては、電子線を被対象物上に照射した際生じるチャージアップ現象について、十分考慮されていなかった。

【0004】本発明の目的は、上記課題に鑑みて、電子線を被対象物上に照射した際生じるチャージアップ現象を低減して被対象物からの二次電子または反射電子等による物理的性質を現した高コントラストの信号を得て高速で微細な欠陥を高信頼性で検査できるようにした電子線式検査方法およびその装置を提供することにある。また本発明の他の目的は、電子線を被対象物上に照射した際生じるチャージアップ現象に検査条件を適合させて被対象物からの二次電子または反射電子等による物理的性質を現した画像信号に基づいて検査または計測を行なって高速で微細な欠陥を高信頼性で検査できるようにした電子線式検査方法およびその装置を提供することにある。また本発明の他の目的は、帯電しやすい微細なレジストパターンや絶縁膜パターンを高信頼性で検査できるようにした電子線式検査方法およびその装置を提供することにある。また本発明の他の目的は、半導体ウエハ等の半導体基板上の微細なパターン欠陥を高信頼度で検査して歩留まり向上をはかった半導体の製造方法およびその製造ラインを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号を表示手段に表示することを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物の表面における断面構造の種類に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。

【0006】また本発明は、被対象物の表面における少なくとも材質の種類に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物の表面における断面構造の変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物上への電子線ビーム照射領域における断面構造の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。

【0007】また本発明は、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを設定し、この設定された加速電圧に制御された状態で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記設定された電位勾配に制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを設定し、この設定された加速電圧に制御された状態で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記設定された電位勾配に制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、前記電子線式検査方法において、前記チャージアップの現象を二次電子放出効率として捉えることを特徴とする。また本発明は、前記電子線式検査方法において、前記電子線ビームの加速電圧は、0.3KV~5KVの範囲であることを特徴とする。また本発明は、前記電子線式検査方法において、前記被対象物近傍における電位勾配は、5K

V/mm以下であることを特徴とする。

【0008】また本発明は、電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数（画像信号を讀出すクロックの周波数であり、ビーム電流密度が変わることになる。）、又は画像寸法（電子線ビームの走査速度を変えることによってビーム電流密度が変わって画像寸法が変わることになる。）、又はプリチャージ（電子シャワーを吹き付けることにより被対象物上のプリチャージが制御される。）、又はディスチャージ（イオンシャワーを吹き付けることにより被対象物上のディスチャージが制御される。）、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応させて電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数（画像信号を讀出すクロックの周波数であり、ビーム電流密度が変わることになる。）、又は画像寸法（電子線ビームの走査速度を変えることによってビーム電流密度が変わって画像寸法が変わることになる。）、又はプリチャージ（電子シャワーを吹き付けることにより被対象物上のプリチャージが制御される。）、又はディスチャージ（イオンシャワーを吹き付けることにより被対象物上のディスチャージが制御される。）、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。

【0009】また本発明は、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する検査基準（判定基準や計測基準も含む）等の検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する検査基準（判定基準や計測基準も含む）等の検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対

応する特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出することを特徴とする電子線式検査方法である。

【0010】また本発明は、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出することを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物の表面にプリチャージ（電子シャワーを吹き付けること）又はディスチャージ（イオンシャワーを吹き付けること）を与え、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行うことを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、被対象物の表面にプリチャージ（電子シャワーを吹き付けること）又はディスチャージ（イオンシャワーを吹き付けること）を与え、電子線ビームを被対象物に対して照射し、被対象物から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から被対象物の表面における構造的特徴を抽出することを特徴とする電子線式検査方法である。

【0011】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。

【0012】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物

上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における少なくとも材質の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。

【0013】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物上への電子線ビーム照射領域における断面構造の種類または変化に応じて電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。

【0014】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する適正な電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御する電位制御手段と、該電位制御手段によって制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射した際、前記電位制御手段によって制御された電位勾配に応じて被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御する制御手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。

【0015】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応させて電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御する制御手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する検査条件を作成する検査条件作成手段と、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から前記検査条件作成手段で作成された検査条件に基づいて被対象物について検査または計

測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。

【0016】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、被対象物の表面における断面構造の種類または変化に対応したその表面のチャージアップの現象に対応する検査条件を作成する検査条件作成手段と、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から前記検査条件作成手段で作成された検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、被対象物の表面におけるチャージアップの現象に対応する特徴抽出パラメータを作成する特徴抽出パラメータ作成手段と、前記センサから検出される物理的な変化を示す信号から前記特徴抽出パラメータ作成手段で作成された特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出する画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。

【0017】また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面にプリチャージ又はディスチャージを与える手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号から検査条件に基づいて被対象物について検査または計測を行う画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、電子線源と、該電子線源から出射された電子線ビームを偏向させるビーム偏向器と、該電子線源から出射された電子線ビームを被対象物上に集束させる対物レンズと、被対象物の表面にプリチャージ又はディスチャージを与える手段と、電子線ビームを被対象物に対して照射した際、被対象物から発生する物理的な変化を検出するセンサと、該センサから検出される物理的な変化を示す信号から特徴抽出パラメータに基づいて被対象物について構造的特徴を抽出する画像処理手段とを備えたことを特徴とする電子線式検査装置である。また本発明は、基板を処理する複数の処理装置と該複数の処理装置を制御する制御装置とを備えた半導体製造ラインであって、所定の処理装置で処理された基板上に電子線ビームを照射することによって得られる画像信号に基づいて

検査する電子線式検査装置を備え、該電子線式検査装置から得られる検査結果に基づいて前記制御装置により前記処理装置を制御することを特徴とする半導体の製造ラインである。

【0018】また本発明は、電子線ビームの加速電圧と被対象物近傍における電位勾配とを制御し、この制御された加速電圧で電子線ビームを被対象物に対して照射し、前記制御された電位勾配に応じて半導体基板から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号に基づいて半導体基板について検査または計測を行って半導体基板を製造することを特徴とする半導体の製造方法である。また本発明は、電子線ビームの試料上の加速電圧、又は試料上の電界勾配、又はビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数、又は画像寸法、又はプリチャージ、又はディスチャージ、又はそれらの組合せを制御し、電子線ビームを半導体基板に対して照射し、半導体基板から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から半導体基板について検査または計測を行って半導体基板を製造することを特徴とする半導体の製造方法である。また本発明は、電子線ビームを半導体基板に対して照射し、半導体基板から発生する物理的な変化をセンサで検出し、この検出された物理的な変化を示す信号から半導体基板の表面におけるチャージアップの現象に対応する検査条件に基づいて半導体基板について検査または計測を行って半導体基板を製造することを特徴とする半導体の製造方法である。また本発明は、前記半導体の製造方法において、前記検査または計測結果を解析して所定のプロセスにフィードバックすることを特徴とする。

【0019】また本発明は、表面にパターンを形成した試料に電子線ビームを照射して試料から発生する二次電子又は反射電子を検出することにより試料上のパターンを検査する方法であって、試料上の電子線ビームが照射される領域における材質に応じて電子線ビームの加速電圧と試料表面近傍の電位勾配とを制御することを特徴とする電子線式検査方法である。また本発明は、前記電子線式検査方法において、前記電子線ビームの加速電圧を、前記パターンの二次電子放出率と前記パターン以外の部分の二次電子放出率との差に基づいて制御することを特徴とする。また本発明は、前記電子線式検査方法において、前記試料表面近傍の電位勾配を、前記パターンからの二次電子放出率に基づいて制御することを特徴とする。また本発明は、表面にパターンを形成した試料に電子線ビームを照射して試料から発生する二次電子又は反射電子を検出することにより試料上のパターンを検査する方法であって、試料上の電子線ビームが照射される領域における材質に応じて電子線ビームの加速電圧と試料表面近傍の電位勾配とを制御すると共に試料表面に蓄積した電荷を中和し、前記検出される二次電子又は反射

電子の画像を画面上に表示することを特徴とする電子線式検査方法である。

【0020】以上説明したように、本発明によれば、電子線を被対象物上に照射した際生じるチャージアップ現象を低減して被対象物からの二次電子または反射電子等による物理的性質を現した高コントラストの信号を得て高速で微細な欠陥を高信頼性で検査することができる。また本発明によれば、電子線を被対象物上に照射した際生じるチャージアップ現象に検査条件を適合させて被対象物からの二次電子または反射電子等による物理的性質を現した画像信号に基づいて検査または計測を行なって高速で微細な欠陥を高信頼性で検査することができる。また本発明によれば、帯電しやすい微細なレジストパターンや絶縁膜パターンを高信頼性で検査することができる。また本発明によれば、半導体ウエハ等の半導体基板上の微細なパターン欠陥を高信頼度で検査して歩留まり向上をはかることができる。また本発明によれば、高速で微細な欠陥を信頼性高く検査することができ、その結果パターン線幅の微細化したウエハ上の微細なパターン欠陥を製造ライン中で検査することが可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンの寸法および欠陥を検査するパターン検査方法及び半導体ウエハの製造方法の一実施の形態を図面を用いて説明する。被対象物として半導体ウエハを用いた場合について説明する。同様のことはフォトマスクや薄膜多層基板やプリント配線基板やTFT基板等の他の被対象物についても成立する。

【0022】まず本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出する際、被対象物のパターンが材質A1と材質B2で構成された実施の形態について説明する。この被対象物は、例えば下地（下部）に材質A1、上部に材質B2からなる立体的な断面構造を形成している。このように材質が異なる立体的な断面構造を形成した被対象物に対して電子線を照射した場合、特定の加速電圧ではコントラストが殆ど無くなることがある。これについて図1を用いて説明する。図1は材質A1、材質B2の加速電圧Eと二次電子放出効率 η の関係を示したものである。この図より、加速電圧Ebを用いた場合、材質A1と材質B2の二次電子放出効率 η は大きく異なっており、材質A1と材質B2で得られる二次電子像は図2（a）に示したようにコントラストは十分有り、計測も含む検査（寸法または欠陥の検査）が可能である。これに対し、特定の加速電圧Eaを用いた場合、材質A1と材質B2の二次電子放出効率が等しく、材質A1と材質B2で得られる二次電子像にコントラストは殆ど無くなり、図2の（b）に示したようにコントラストの殆どない画像となってしまう計測も含む検査（寸法または欠陥の検査）が不能となる。特定の加速電圧Eaは材質により異なっており、被対象物の材

質により、適する加速電圧が異なっている。

【0023】次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出する際、被対象物のパターンが材質A3と材質B4で構成された実施の形態について、図3、図4、図5および図6を用いて説明する。つまり図3に示すように、上部に材質A3（例えば配線パターン）、下地に（下部に）材質B4（例えば層間絶縁層）からなる立体的な断面構造をした被対象物に対して電子線を照射した際、材質B4が負にチャージアップする条件、即ち二次電子放出効率 η が1以下（照射される電子線が吸収されて照射される電子線に対して放出される二次電子は著しく減衰されることを意味する。）で、材質A3が正にチャージアップする条件、即ち二次電子放出効率 η が1以上（照射される電子線とはほぼ等価の二次電子が放出されることを意味する。）であるとする。チャージアップの程度の軽い場合は、図4（a）に示すように材質A3はもとより材質A3の欠陥7も明るく、材質B4は暗く検出され、本来材質B4部分にはみ出した材質A3の欠陥7も明るく検出される。しかし、チャージアップの激しい場合は、上部に位置する材質A3の部分に正のチャージアップがあるため、下部に位置する材質A3の欠陥7からの二次電子6は正にチャージアップしている材質A3に引寄せられて二次電子検出器16（11）で検出されない。このため、図4（b）又は図4（c）に示したように小さく検出されたり、全く検出できなくなってしまう。同様に、材質B4の傾斜部分の情報が失われるため、図5（a）に示したように検出されるべきパターン寸法が、図5（b）に示したように小さく検出されてしまう。

【0024】更に、この現象は被対象物のチャージアップの緩和、つまり、正又は負に帯電した電荷の拡散の速度により異なる。チャージアップの緩和の早いものは現象が複雑で、電子線の走査方向依存性が大きくなり、走査方向がX、Yにより、失われる情報に差が出る。この結果、図6（b）および図6（c）に示したような画像となる。つまり、X方向に走査するときはX方向のパターンエッジ近傍で影響が現れやすく、Y方向に走査するときはY方向のパターンエッジ近傍で影響が現れやすい。尚、拡散は下地のパターン（材質B）の導電率により異なり、導電率の大きい場合は拡散は極めて早く、チャージアップの緩和は早い。次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出する際、被対象物のパターンが材質A8と材質B9で構成された第3の実施の形態について、図7および図8を用いて説明する。つまり、図7に示すように、下地に材質B9、上に材質A8からなる立体的な断面構造をした被対象物に対して電子線5を照射した際、材質B9が正にチャージアップする条件、即ち二次電子放出効率 η が1以上で、材質A8が負にチャージアップする条件、即ち二次電子放出効率 η が1以下であるとする。チャージア

ップの程度の軽い場合は図8（a）に示すように材質A8は暗く、材質B9は明るく検出される。しかし、チャージアップの激しい場合はチャージアップの影響で電場が形成される。周囲に形成された電場を図に示してあるが、0Vの等電位線73と負の等電位線72が形成され、電子線5が材質A8に照射されて二次電子71が発生したとき二次電子71が負の電場で反発して押し戻されてしまう。このため、材質A8よりの二次電子71は二次電子検出器16（11）に到達できなくなり、下地に関する情報が失われてしまう。この結果、図8（b）に示したようなパターン密度の濃い部分は明るく検出されるはずの部分が暗く検出され、パターン密度の異なる境界には擬似パターンが発生する。

【0025】いずれの場合もチャージアップが起こると、自分自身のチャージアップにより二次電子放出効率 η が変化する。この為、図9に示したように1回目の検出画像と複数回目の検出画像は変化することになる。そこで、本発明においては、まず、被対象物20において、少なくとも上部にあるパターン（材質A）にチャージアップができるだけ生じないようにして、即ちチャージアップの程度を軽くし、しかもパターン（材質A）とこのパターンの微小な間隔（材質B）とから適正なコントラスト ρ を得て（出来るだけ高くして）画像検出できるように計測を含む検査の条件の適正化を図ることにある。即ち、被対象物20において、図1に示す如く、各材質A、Bにおける照射される電子線への加速電圧Eに対する二次電子放出効率 η の特性を有する少なくとも上部にあるパターン（材質AまたはB）にチャージアップができるだけ生じないようにする（上部にあるパターン（材質AまたはB）からの二次電子放出効率 η を1前後の小さな許容値内にする）と共に適正なコントラスト ρ を得るようにする（下部にある材質BまたはAからの二次電子放出効率 η を、決められた範囲（例えば0.7～1.2）内で、かつ上部にある材質AまたはBの二次電子放出効率 η との差が最もある条件にする）ことによって、図4（b）（c）または図5（b）または図8

（b）に示す如くチャージアップの影響を多く受けた画像信号ではなく、図4（a）または図5（a）または図8（a）に示す如くチャージアップの影響を軽減し、且つ適正なコントラスト ρ を得た画像信号をセンサ11によって検出することができるようにしたものである。そこで、被対象物20において、少なくとも上部にあるパターン（材質AまたはB）にチャージアップができるだけ生じないようにするためには、被対象物20上に蓄積される電子線の量を低減する方法と、電子シャワーまたはイオンシャワーを照射して中和させる方法とがある。

【0026】被対象物20上に蓄積される電子線の量を低減する方法としては、被対象物20または被対象物20の上部に設けられた電子線を通すグリッド等の電圧付与手段19と電子線源14との間に電子線源14から出

射させた電子線を加速するための適正な加速電圧 ($E_0 - E_2$) を付与し、グリッド等の電圧付与手段19と被対象物20との間においては、被対象物上の電位勾配 α に比例した適正な電位差 ($E_0 - E_1$) を付与することによって実現することができる。しかしながら、上部にあるパターンにチャージアップする現象は、上部にあるパターンの構成材料(材質)および断面構造が変わると変化することになる。従って、上部にあるパターンの構成材料(材質)および断面構造(上部の構成材料(材質)と下部の構成材料(材質)との関係およびパターンの形状(線幅および密度も含む)や厚さ等)を考慮して、特に被対象物への電子線の加速電圧Eおよび被対象物上の電位勾配 α を適正に設定する必要がある。即ち被対象物における上部にあるパターンの構成材料(材質)および断面構造(パターンの形状(線幅および密度も含む)や厚さおよび下部の構成材料(材質)との関係等)によってチャージアップする現象が変わってきて、二次電子放出効率 η が変わってくるからである。図1には、材質が変わった場合の加速電圧Eに対する二次電子放出効率 η を示す。

【0027】また特に上部にあるパターンについてチャージアップの緩和現象(帯電した電荷の拡散現象)が生じるため、電子線の走査方向がX方向とY方向とでは図6(b)および(c)に示すようにセンサ11で検出される画像信号に差が出てくることになる。そこで、被対象物20に対して電子線の走査方向がX方向の場合におけるセンサ11で検出される画像信号と電子線の走査方向がY方向の場合におけるセンサ11で検出される画像信号との間において差を出来るだけ低減するように特に被対象物への電子線の加速電圧Eおよび被対象物上の電位勾配 α を適正に設定する必要がある。また上部にあるパターンについて寸法または欠陥の検査をするために、上部にあるパターンについてセンサ11で検出される画像信号として適正なコントラスト ρ で検出できるように特に被対象物への電子線の加速電圧Eおよび被対象物上の電位勾配 α を適正に設定する必要がある。

【0028】ところで、後述するように電位差 ($E_0 - E_2$) は電子線源14から被対象物20までの電位差を表しており、図1に示した加速電圧Eである。この電位差 ($E_0 - E_2$)、即ち加速電圧Eを制御することにより、図1に示すように特に上部に位置するパターン(材質AまたはB)へのチャージアップ現象を変えて二次電子放出効率 η を変えることができる。一方、被対象物20とグリッド等の電圧付与手段19との間の電位差 ($E_0 - E_1$) は、被対象物面上での電位勾配 α にほぼ比例することになる。従って電位差 ($E_0 - E_1$)、即ち電位勾配 α を制御することによって、図10に示すように特に上部に位置するパターン(材質AまたはB)へのチャージアップ現象を変えて二次電子放出効率 η を変えることができる。電位勾配 α が正、つまり二次電子を減速させ

る場合は二次電子が放出されにくくなるため二次電子放出効率 η は減少することになる。一方、電位勾配 α が負、つまり二次電子を加速させる場合は二次電子が放出されやすくなるため二次電子放出効率 η は増加することになる。また被対象物上におけるビーム電流、又はビーム径、又は画像検出周波数(画像信号を読み出すクロックの周波数であり、ビーム電流密度が変わることになる。)、又は画像寸法(電子線ビームの走査速度を変えることによってビーム電流密度が変わって画像寸法が変わることになる。)を制御することによっても、チャージアップ現象を変えて検出画像信号として適正化することが出来る。

【0029】以上説明したように被対象物のパターンの材質および断面構造(パターンの形状(線幅および密度も含む)や厚さおよび下部の構成材料(材質)との関係等)に応じて、例えば2つのパラメータ(被対象物への電子線の加速電圧Eおよび被対象物上の電位勾配 α)を所定の関係で制御することにより、特に上部に位置するパターンからの二次電子放出効率 η を1に対して許容できる範囲内(ほぼ1)にすることにより上部に位置するパターンに生じるチャージアップを殆どなくすように所望の値より低減し、下部に位置する材料からの二次電子放出効率 η を決められた範囲(例えば0.7~1.2)内にすることにより下部に位置する材料に対してもチャージアップを出来るだけ低減し、かつ上部に位置するパターンと上部に位置しないパターン間隔との間における二次電子放出効率 η の差を出来るだけ大きくすることによってコントラスト ρ が適正化することができ、その結果特に上部に位置するパターンに対してチャージアップを起こさない条件で、しかも十分なコントラストを持った画像をセンサ11によって検出でき、線幅の微細化したパターンにおける寸法および欠陥の検査を高信頼度で実現することができる。即ち、被対象物のパターンの材質および断面構造(パターンの形状(線幅および密度も含む)や厚さおよび下部の構成材料(材質)との関係等)に応じて、様々な要因を考慮して被対象物への電子線の加速電圧および被対象物上の電位勾配 α を適正化することによって線幅を微細化した半導体ウエハ等上の微細なパターンにおける寸法および欠陥の検査を高信頼度で実現することができる。半導体ウエハ上に形成されたチップ内においても、パターンの材質や断面構造(パターンの形状(線幅および密度も含む)や厚さおよび下部の構成材料(材質)との関係等)が変化する場合があるため、2つのパラメータ(被対象物への電子線の加速電圧Eおよび被対象物上の電位勾配 α)を所定の関係で制御することが必要となる。当然被対象物において、寸法または欠陥の検査を行う表面のパターンの材質や断面構造が変われば、2つのパラメータ(被対象物への電子線の加速電圧Eおよび被対象物上の電位勾配 α)を所定の関係で制御することが必要となる。いずれにしても、被

対象物の表面のパターンについて検査をする直前までには、表面のパターンの材質や断面構造に適する2つのパラメータ（被対象物への電子線の加速電圧 E および被対象物上の電位勾配 α ）の条件が設定できればよい。

【0030】また被対象物への電子線の加速電圧 E および被対象物上の電位勾配 α を適正化したとしても、特に上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象（帯電した電荷の拡散現象）を殆どなくすることはできない。そこで、センサ11で検出される画像信号に基づいて上部にあるパターンについて例えば欠陥検査を行う場合、欠陥である構造的な特徴量を抽出するパラメータや比較判定する欠陥判定基準（検査基準）等を、上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象（帯電した電荷の拡散現象）を考慮して決めることによって上記上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象に基づく誤検出をなくし、線幅を微細化した半導体ウエハ等上の微細なパターンにおける寸法および欠陥の検査を高信頼度で実現することができる。被対象物のパターンの材質および断面形状（線幅および密度も含む）が変われば、上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象（帯電した電荷の拡散現象）も変化するので、被対象物のパターンの材質および断面形状（線幅および密度も含む）に応じて、欠陥である構造的な特徴量を抽出するパラメータや比較判定する欠陥判定基準等を選定しても良い。また上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象（帯電した電荷の拡散現象）を検出し、この検出された上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象に応じて欠陥である構造的な特徴量を抽出するパラメータや比較判定する欠陥判定基準等を選定しても良い。

【0031】次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第1の実施の形態について図13を用いて説明する。即ち、本システムは、グランドよりの電位が E_2 である電子線を発生させる電子線源14と、電子ビームを走査させて画像化するためのビーム偏向器15と、電子線を被対象物20上に結像させる対物レンズ18と、対物レンズ18と半導体ウエハ等の被対象物20との間に設けたグリッドよりの電位が E_1 であるグリッド等の電位付手段19と、被対象物20を搭載し、被対象物20をグランドよりの電位を E_0 に保持可能で、XYステージのついた試料台21と、被対象物20で発生した二次電子や反射電子等の物理的变化を検出するセンサ11と、被対象物20の高さを検出する高さ検出センサ13と、被対象物20への電子線の加速電圧を決める各部の電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を制御する電位制御部23と、上記高さ検出センサ13被対象物20の高さに基づいて対物レンズ18を制御して焦点位置制御を行う焦点位置制御部22

と、上記センサ11で検出された被対象物の物理的性質を現わした波形または画像の信号をデジタル信号に変換するA/D変換部24と、該A/D変換部24から得られるデジタル信号に対して画像処理して被対象物上のパターンの寸法測定も含む検査を行う画像処理部25と、被対象物20の表面断面構造を示す工程番号や被対象物番号に対応させて例えば上記A/D変換部24から得られるデジタル信号に基づいて、検査条件（例えば前記した2つのパラメータ（電位差（ $E_0 - E_2$ ））として与えられる被対象物への電子線の加速電圧 E および電位差（ $E_0 - E_1$ ））としてほぼ比例する関係で与えられる被対象物上の電位勾配 α ）の条件または上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象（帯電した電荷の拡散現象）等の適正化を行う検査条件適正化部27と、検査条件（例えば前記した2つのパラメータ（電位差（ $E_0 - E_2$ ））として与えられる被対象物への電子線の加速電圧 E および電位差（ $E_0 - E_1$ ））としてほぼ比例する関係で与えられる被対象物上の電位勾配 α ）の条件または上部にあるパターンへのチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象（帯電した電荷の拡散現象）等を、被対象物20の表面断面構造を示す工程番号や被対象物番号を指定することによって一群の被対象物毎に（同一の表面構造を有する被対象物毎に）記憶して検査条件を設定する検査条件設定部28と、ビーム偏向器15を制御する走査制御部47と、試料台21を制御するステージ制御部50と、これら全体を制御する全体制御部26とよりなる。

【0032】このシステムのシーケンスは、図14に示す3つが考えられる。第1の方式は、検査時に検査条件（例えば前記した2つのパラメータ（電位差（ $E_0 - E_2$ ））として与えられる被対象物への電子線の加速電圧 E および電位差（ $E_0 - E_1$ ））としてほぼ比例する関係で与えられる被対象物上の電位勾配 α ）の条件等）を設定する方式で、ステップ31aにおいて被対象物20をローディングし、ステップ32aにおいて被対象物20を位置合わせした後、ステップ33aにおいて検査条件適正化部27はセンサ11で検出される被対象物20の物理的性質を現わした波形または画像の信号に基づいて抽出される二次電子放出効率 η に基づくチャージアップ現象や電子線の複数の走査によって検出される信号の変化に基づくチャージアップの緩和現象の関係から検査条件の適正化を行って記憶し、ステップ34aにおいて検査条件設定部28は検査条件適正化部27に記憶された適正化された検査条件に対して所望の検査条件を記憶設定し、ステップ35aにおいて全体制御部26は検査条件設定部28において設定された所望の検査条件に基づいて電位制御部23により各部の電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を制御し、電子線源14から出射された電子ビームを対物レンズ18により被対象物20上に結像させ、ビーム偏向器15で走査させ、被対象物20で発生した二次電子や

反射電子等の物理的变化をセンサ11で検出し、この検出された被対象物の物理的性質を現わした波形または画像の信号を得てこの信号に基づいて画像処理部25において寸法または欠陥等の検査を行い、ステップ36aにおいて被対象物20をアンローディングする。

【0033】第2の方式は、検査前に予め検査条件（例えば前記した2つのパラメータ（電位差（ $E_0 - E_2$ ））として与えられる被対象物への電子線の加速電圧 E および電位差（ $E_0 - E_1$ ））としてほぼ比例する関係で与えられる被対象物上の電位勾配 α ）を設定する方式で、予め一群の被対象物毎に（同一の表面構造を有する被対象物毎に）ステップ31bにおいて異なる表面構造を有する各被対象物をローディングし、ステップ32bにおいて被対象物を位置合わせした後、ステップ33bにおいて検査条件適正化部27は同一の表面構造を有する被対象物毎にセンサ11で検出される被対象物20の物理的性質を現わした波形または画像の信号に基づいて抽出される二次電子放出効率 η に基づくチャージアップ現象や電子線の複数の走査によって検出される信号の変化に基づくチャージアップの緩和現象の関係から検査条件の適正化を行って記憶し、ステップ36bにおいて各被対象物をアンローディングする。次に実際に検査する被対象物20をステップ31cにおいてローディングし、ステップ32cにおいて被対象物を位置合わせした後、ステップ34cにおいて検査条件設定部28は検査条件適正化部27に記憶された同一の表面構造を有する被対象物毎の適正された検査条件群から実際に検査する被対象物に対応する所望の検査条件を選定して記憶設定し、ステップ35cにおいて全体制御部26は検査条件設定部28において選定して設定された所望の検査条件に基づいて電位制御部23により各部の電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を制御し、電子線源14から出射された電子ビームを対物レンズ18により被対象物20上に結像させ、ビーム偏向器15で走査させ、被対象物20で発生した二次電子や反射電子等の物理的变化をセンサ11で検出し、この検出された被対象物の物理的性質を現わした波形または画像の信号を得てこの信号に基づいて画像処理部25において寸法または欠陥等の検査を行い、ステップ36cにおいて被対象物20をアンローディングする。

【0034】第3の方式は、ステップ37dにおいて検査前に被対象物の情報から理論的に或いは経験的に算出できる二次電子放出効率 η に基づくチャージアップ現象やチャージアップの緩和現象の関係に基づいて検査条件（例えば前記した2つのパラメータ（電位差（ $E_0 - E_2$ ））として与えられる被対象物への電子線の加速電圧 E および電位差（ $E_0 - E_1$ ））としてほぼ比例する関係で与えられる被対象物上の電位勾配 α ）を検査条件設定部28に対して記憶設定し、次に実際に検査する被対象物20をステップ31dにおいてローディングし、ステップ32dにおいて被対象物を位置合わせした後、ステッ

プ34dにおいて予め検査条件設定部28に対して記憶設定された検査条件から所望の検査条件を記憶設定し、ステップ35dにおいて全体制御部26は設定された所望の検査条件に基づいて電位制御部23により各部の電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を制御し、電子線源14から出射された電子ビームを対物レンズ18により被対象物20上に結像させ、ビーム偏向器15で走査させ、被対象物20で発生した二次電子や反射電子等の物理的变化をセンサ11で検出し、この検出された被対象物の物理的性質を現わした波形または画像の信号を得てこの信号に基づいて画像処理部25において寸法または欠陥等の検査を行い、ステップ36dにおいて被対象物20をアンローディングする。尚、ステップ37dにおける検査条件設定部28に対する検査条件の設定は、検査の前であればローディング後であってもかまわない。

【0035】なお、検査条件として、前記2つのパラメータ以外に、被対象物上におけるビーム電流およびビーム径、画像検出周波数（画像信号を讀出すクロックの周波数であり、ビーム電流密度が変わることになる。）、画像寸法（電子線ビームの走査速度を変えることによってビーム電流密度が変わって画像寸法が変わることになる。）が考えられる。

【0036】次にこれら方式の構成要素である検査条件の適正化と被対象物の情報よりの検査条件の設定と適正化した検査条件の設定について説明する。即ち、図1および図10に示す関係が予め求まっておれば良い。被対象物20の断面構造（例えば材質A、B）において、電子線源14と被対象物20との間の加速電圧（ $E = E_0 - E_2$ ）および被対象物上の電位勾配 α に比例した電位差（ $E_0 - E_1$ ）に対する二次電子放出効率 η の関係が分かっているれば、即ちこれらの関係テーブルが作成されておれば、上部パターンに対してチャージアップがある許容範囲内で生じることなく（上部パターンからの2次電子放出率 η が1前後の小さな許容値内で）、下部パターンについても出来るだけチャージアップを抑えて（下部パターンからの2次電子放出率 η が1前後の大きな許容値内（例えば0.7～1.2等）で、且つ上部パターンと下部パターンとの間において画像信号の明るさの差で示される適正なコントラスト ρ （上部パターンからの二次電子放出率 η と下部パターンからの二次電子放出率 η との差で与えられる。）を選定することができる。

【0037】即ち、図11において、上部パターン（材質A）からの二次電子放出効率（実線で示す） η と下部パターン（材質B）からの二次電子放出効率（一点鎖線で示す） η との差（コントラスト ρ ）が大きくなる適切な加速電圧 E_c を選び、次に上部パターン（材質A）からの二次電子放出率 η が1前後の小さな許容値内に入るように被対象物上の電位勾配 α に比例した電位差（ $E_0 - E_1$ ）を選び、その際もし下部パターン（材質B）からの二次電子放出率 η が1前後の大きな許容値内に入る

ない場合には、加速電圧 E_c を微調整することによって、適正な検査条件を選定することができる。

【0038】また、図12において、上部パターン（材質B）からの二次電子放出効率（一点鎖線で示す） η と下部パターン（材質A）からの二次電子放出効率（実線で示す） η との差（コントラスト ρ ）が大きくなる適切な加速電圧 E_c を選び、次に上部パターン（材質B）からの二次電子放出率 η が1前後の小さな許容値内に入るように被対象物上の電位勾配 α に比例した電位差（ $E_0 - E_1$ ）を選び、その際下部パターン（材質A）からの二次電子放出率 η が1前後の大きな許容値内に入らない場合には、加速電圧 E_c を加速電圧 E_d へと微調整することによって、適正な検査条件を選定することができる。

【0039】図15には、検査条件適正化部27（27a、27b）および検査条件設定部28の一実施の形態を示す具体的構成を示す。131は、CPU、132は検査条件の適正化処理プログラムを記憶したROM、133はC/D変換部24から得られるデジタル画像等を記憶する画像メモリ、134は各種データや検査条件の適正化された情報や設定された検査条件等を記憶するRAM、135はキーボードやマウス等で形成された入力手段、136はディスプレイ等の表示手段、137はCADデータ等の被対象物に関する情報を記憶する外部記憶装置、138は設計システムから得られるCADデータ等からなる設計情報、139～144はインターフェース（I/F）回路、145は各々を接続するバスである。

【0040】全体制御部26よりの指令で図13に示す各部を初期化し、ステージ制御部50を制御して被対象物20を予め決めた又はユーザが指定した場所に移動する。そして全体制御部26よりの指令で、予め決めた各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を電位制御部23で設定し、その条件により決まる焦点位置を焦点位置制御部22で設定し、電子線源14より出射された電子線を、走査制御部47の制御に基づくビーム偏向器15によって走査しながら対物レンズ18を介して被対象物20に照射し、センサ11により被対象物20で発生した二次電子や反射電子等の物理的变化を検出して被対象物の物理的性質を現わした波形または画像の信号を検出し、A/D変換部24でデジタル画像信号に変換する。検査条件適正化部27は、A/D変換部24で変換されたデジタル画像信号を画像メモリ133に記憶し、この記憶されたデジタル画像信号をディスプレイ136に表示し、この表示されたデジタル画像信号における図2、図4、図5、図6および図8に示すようにパターンの繰返し性がある領域に対して上部にあるパターン（材質AまたはB）をユーザが入力手段135等を用いて指定し、この指定に基づいてCPU131は、上記検出されたデジタル画像信号から上記パターン（材質AまたはB）の輪郭線を抽出

してパターン（材質AまたはB）の形状を、例えば外部記憶装置（辞書）137等に記憶すると共に被対象物20上に照射される電子線の量（例えばドーズ量）も入力手段135等を用いて例えばRAM134に記憶する。なお、パターン（材質AまたはB）の形状については、上記検出されたデジタル画像信号から上記パターン（材質AまたはB）の輪郭線を抽出して求める必要はなく、CADデータ138として得られる設計情報に基づいて領域指定を行うことができる。またCADデータ138からは、特に上部パターンに関する情報（形状（線幅や間隔等も含む）や厚さ等）が得られるので、この情報を用いて適正な検査条件を選定することもできる。

【0041】次に被対象物20上において電子線が照射されてチャージアップがなされていない新しい領域を位置付けるために、ステージ制御部50の制御に基づいて試料台21のステージを走査しながら、指定された繰り返される各パターンの領域に対して各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を例えば一定ピッチで電位制御部23で変更制御して電子線源14と被対象物20との間の加速電圧（ $E_0 - E_2$ ）および被対象物上の電位勾配 α に比例した電位差（ $E_0 - E_1$ ）を制御し、被対象物20上における指定された繰り返される各パターンの領域から発生した二次電子や反射電子等の物理的变化を現わした波形または画像の信号をセンサ11で検出してA/D変換器24でデジタル画像信号に変換して画像メモリ133に記憶すると共に電位制御部23で変更制御した各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 のデータを全体制御部26を介して受信し、例えばRAM134に記憶する。CPU131は、上記画像メモリ133に記憶されたデジタル画像信号の中で、外部記憶装置（辞書）137に記憶した（登録した）パターン（材質AまたはB）の外形形状と一致する場所における二次電子放出率 η と画像全体でのコントラスト ρ （材質Aと材質Bとによる二次電子放出率 η に対応したデジタル画像信号の明るさの差で与えられる。）等の画質を計算して例えばRAM134に記憶する。更にCPU131は、例えばRAM134に記憶した画質の内、二次電子放出率 η が1前後の小さな許容値内（上部パターンに対してチャージアップを極力抑えた状態）で、しかも画像コントラスト ρ の最も高い各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を求め、この求められた各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を適正検査条件として検査条件記憶部（RAM134または外部記憶装置137）に記憶する。尚、二次電子放出効率 η は、照射した電子線（照射電子線の量（ドーズ量）は例えばRAM134に記憶されて既知である。）に対して放出される二次電子の割合で定義される。従って、CPU131は、パターン（材質AまたはB）の外形形状と一致する場所においてセンサ11から検出される放出二次電子と相関関係を有するデジタル画像信号の強度（明るさ）から、二次電子放出効率 η を、照射した電子線の量に対する割合として算出することができる。このように

二次電子放出効率 η は、照射した電子線の量に対するセンサ11で検出される放出二次電子の割合として算出することができる。

【0042】また画像全体におけるコントラスト ρ は、上部パターンについて平均化された明るさ強度（二次電子放出効率 η が1前後の小さい許容値内）に対する下部パターンについて平均化された明るさ強度の比率で与えられる。即ち、画像全体におけるコントラスト ρ は、例えば図8（b）に示すように、上部パターン（材質A）領域とその周辺領域（近傍領域：下部パターン領域）

（材質B）とにおいてセンサ11から検出される放出二次電子と相関関係を有するデジタル画像信号の強度（明るさ）から、複数のパターン（材質A）領域について平均化された暗い強度（二次電子放出効率 η が1前後の小さい許容値内）に対する複数の周辺領域（近傍領域）について平均化された明るい強度の比率で与えられる。またチャージアップは、図6（b）（c）に示すように電子線の走査による影響を受けるため、この点を考慮して画像全体におけるコントラスト ρ を算出する必要がある。即ち、画像全体におけるコントラスト ρ は、複数の上部パターン（材質A）の周辺領域について平均化された暗い強度に対する複数の上部パターン領域（材質A）内の走査によって影響を受ける部分について平均化された明るい強度（二次電子放出効率 η が1前後の小さい許容値内）の比率で与えられる。当然複数の上部パターン領域（材質A）内の走査によって影響を受けない部分についてのコントラスト ρ は、良くなるのは明らかである。従って、CPU131は、図8（b）または図6（b）（c）に示すように、パターン（材質A）領域とその周辺領域（近傍領域）とにおいてセンサ11から検出される放出二次電子と相関関係を有するデジタル画像信号の強度（明るさ）から、画像全体におけるコントラスト ρ を算出することができる。

【0043】更に、この概念を拡張して、被対象物20に照射した電子線に対する反射、二次電子放出透過、リーク等により対象物に蓄積しない電子線量の総合計として定義すれば、二次電子以外の項が無視できない場合は1個のセンサ11の替りに複数のセンサを用いてこれらを測定してその値を用いることもできる。また、最適な検査条件の設定方法として、電子ビームをX方向に高速に走査しながらY方向に低速で走査することで二次元画像とした場合の画像とY方向に走査しながらX方向に低速で走査することで二次元画像とした場合の画像を比較し、画像の差の画像全面での和 σ （和 σ が小さいということは図6（a）に示すように電子線を高速に走査する方向にチャージアップが殆ど発生しないこと（二次電子放出効率 η がほぼ1に近いこと）を意味する。逆に和 σ が大きいということは図6（b）（c）に示すように電子線を高速に走査する方向にチャージアップが発生することを意味する。）と、いずれか一方の画像における上

部パターンと下部パターン（上部パターンの間隔）との間の画像コントラスト ρ とを計算し、画質として記憶することができる。また記憶した画質の内、画像の差の画像全面での和 σ が一定の許容値以下（図6（a）に示すようにチャージアップが殆ど発生しないことを意味する。）で、しかも画像コントラスト ρ の最も高い各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を適正化された検査条件として記憶することもできる。

【0044】また、最適な検査条件の設定方法として、複数回同一場所を電子線を走査して画像を検出して、それら画像を比較し、画像の差の画像全面での和 σ （和 σ が小さいということは複数回同一場所を電子線を走査してもチャージアップが殆ど発生しないこと（二次電子放出効率 η がほぼ1に近いこと）を意味する。）と、いずれか一方の画像における上部パターンと下部パターン（上部パターンの間隔）との間との画像コントラスト ρ を計算し、画質として記憶する。記憶した画質の内画像の差の画像全面での和 σ が一定の許容値以下（チャージアップが殆ど発生しないことを意味する。）で、しかも画像コントラスト ρ の最も高い、又は画像全面での平均二次電子放出効率 η の変化が最小の条件として各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を最適検査条件として記憶することもできる。尚、最適な検査条件の設定は全て自動で行う替りに、検査条件決定に必要な情報の計算結果、又は検出画像そのものを作業者に提示し、提示した情報より作業者が最適検査条件を決定する方式でも同様な効果を実現できる。また、画質の評価パラメータ、及び最適検査条件の選定方法は上記実施の形態に限定されるものではない。被対象物の情報よりの検査条件を設定する方法について説明する。予め、図1および図10に示すような各材質の被対象物上の加速電圧E及び被対象物上の電位勾配 α に対する二次電子放出効率 η の関係を求めて図15に示す検査条件適正化部27における外部記憶装置137またはRAM134に記憶しておけば良い。この際上記実施の形態で説明したように、被対象物20上における指定された繰り返される各パターンの領域から発生した二次電子や反射電子等の物理的变化を現わした波形または画像の信号をセンサ11で検出してA/D変換器24でデジタル画像信号に変換して画像メモリ133に記憶し、この記憶されたデジタル画像信号から二次電子放出効率 η を算出する方法以外に、理論的解析方法を用いて算出することもできる。

【0045】次に被対象物20の表面構造を示す工程番号または被対象物番号に対応させて被対象物（被検査対象物）を構成する複数材質よりなる断面構造上の上部に位置する材質（上部パターンの材質）と下部に位置する材質（下部パターンの材質）との2つの材質や上部パターンの膜厚や形状、更に電子線の走査条件等を入力手段135等を用いて指定する。CPU131は、外部記憶装置137またはRAM134に記憶された上記関係テ

ープルから指定された被対象物20の表面構造に適する検査条件(例えば各電位 E_0 , E_1 , E_2)を選定し、被対象物20の表面構造を示す工程番号または被対象物番号に対応させてRAM134等に記憶する。この検査条件の選定は、例えば上部に位置する材質(上部パターン)からの電子放出効率 η がほぼ1であり、しかも下部に位置する材質(下部パターン)からの二次電子放出率 η が例えば0.7から1.2等の予め決めた範囲内であり、かつ上部に位置する材質(上部パターン)からの二次電子放出効率 η との差がある程度存在する条件を探し、これに対応する各電位 E_0 , E_1 , E_2 を求めることによって行われる。当然検査条件の選定においては、上部パターンの膜厚や形状、更に電子線の走査条件等を考慮する必要がある。それは、特に上部パターンに対するチャージアップ特性が変わって来るからである。

【0046】次に、検査条件設定部28における検査条件の設定について説明する。検査条件適正化部27において予め選定された検査条件は、RAM134等に記憶されている。従って、検査条件設定部28において、被対象物20の表面構造を示す工程番号または被対象物番号を入力手段135等を用いて入力することにより、RAM134等から適正化された検査条件(各電位 E_0 , E_1 , E_2)を讀出して全体制御部26を介して電位制御部23に対して設定することができる。

【0047】電位制御部23は、検査条件設定部28において設定された検査条件(各電位 E_0 , E_1 , E_2)に基づいて、被対象物20に対する電位 E_0 、被対象物上での電位勾配 α を付与するための電圧付与手段19に対する電位 E_1 、電子線源14に対する電位 E_2 を制御する。($E_0 - E_2$)は電子線源14から被対象物(試料)20までの電位差を表しており、図1に示した加速電圧 E である。また、($E_0 - E_1$)は被対象物(試料)面上での電位勾配 α に比例している。図12は電位勾配 α ($E_0 - E_1$)に比例する。)を変化させた場合の二次電子放出効率 η を示している。電位勾配 α が正、つまり二次電子を減速させる場合は二次電子が放出されにくくなるため二次電子放出効率 η は減少する。一方、電位勾配 α が負、つまり二次電子を加速させる場合は二次電子が放出されやすくなるため二次電子放出効率 η は増加する。これら2つのパラメータを電位制御部23において所定の関係で制御することで、上部に位置する材質(上部パターン)に対して二次電子放出率 η をほぼ1(1前後の小さな許容値内)で上部パターンに対してチャージアップを極力抑えた状態にでき、上部に位置する材質(上部パターン)と上部に位置しない材質(下部パターン)との画像コントラスト ρ を適正化することができる。これにより、上部パターンに対してチャージアップを起こさない条件で、しかも十分なコントラストを持った画像を検出することができる。

【0048】また、これらにより、被対象物の断面構造

に対応させて高速で微細な欠陥や寸法を高信頼性でもって検査することができ、その結果パターン線幅の微細化したウエハの微細なパターン欠陥や寸法を製造ライン中で検査することが可能となった。特に電子線を用いることにより、光学的には透過な酸化膜やレジスト等のパターンにおける欠陥や寸法を高信頼性でもって検査をすることができる。

【0049】次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第2の実施の形態について図16を用いて説明する。即ち、本システム(検査装置)は、電子線を発生させる電子線源14と、電子ビームを走査させて画像化するためのビーム偏向器15と、電子線を被対象物であるウエハ20上に結像させる対物レンズ(静電光学系)18と、対物レンズ18とウエハ(被対象物)20の間に設けたグリッド等の電圧付与手段19と、ウエハ20を搭載し、ウエハ20を保持する試料台21と、試料台21を走査したり位置決めしたりするステージ46と、ウエハ20の表面から発生した二次電子を二次電子検出器16に集めるための $E \times B$ (電界 E (electric field)と磁界 B (magnetic field)とが付与されるもの)17と、高さ検出センサ13と、高さ検出センサ13から得られるウエハ表面の高さ情報に基づいて対物レンズ18の焦点位置を調整する焦点位置制御部22と、ビーム偏向器15を制御して電子ビームの走査を実現する走査制御部47と、試料台21の電位 E_0 を調整する試料台電位調整49、グリッド等の電圧付与手段19の電位 E_1 を制御するグリッド電位調整48および電子線源14の電圧 E_2 を制御する線源電位調整51からなる電位制御部21と、二次電子検出器16よりの信号をA/D変換するA/D変換器24と、画像メモリ52および画像比較手段53からなり、A/D変換器24でA/D変換されたデジタル画像を処理する画像処理部25と、A/D変換されたデジタル画像より検査条件を適正化する検査条件適正化部27aと、該検査条件適正化部27aで適正化されて選定された検査条件を設定記憶する検査条件設定部28と、ステージ46を制御するステージ制御部50と、これら全体を制御する全体制御部26と、電子線源14、ビーム偏向器15、対物レンズ(静電光学系)18、グリッド等の電圧付与手段19および被対象物(試料)であるウエハ20等を収納した真空試料室45とよりなる。

【0050】本システムのシーケンスを図14(b)に示す。検査前に予め検査条件を設定する方式で、予め表面の断面構造が変化する種類毎(工程毎によって表面の断面構造が変化する。被検査対象物の表面の断面構造が、例えば露光現像して出来上がったレジストパターンであったり、配線層間における上層配線と下層配線とを接続するスルホールが形成された絶縁膜パターンであったり、配線パターンであったりする。)に試料(ウエ

ハ) 20をローディングし(ステップ31b)、位置合わせした(ステップ32b)後、検査条件適正化部27aにおいて検査条件の適正化を行い(ステップ33b)、アンローディングする(ステップ36b)。

【0051】検査条件適正化部27aにおける検査条件の適正化処理(ステップ33b)は、CPU131から全体制御部26に対して指令を出して全体制御部26よりの指令で各部を初期化し、ユーザが指定した場所にステージ46を駆動して移動し、高さ検出センサ13で検出した試料(ウエハ)20の高さに焦点が合うように対物レンズ18の焦点位置を焦点位置制御部22で設定する。CPU131は、外部記憶装置137やRAM134等に格納された予め決めたメニューを表示手段136に表示し、このメニューの中から試料の表面の立体構造(断面構造)(特に上部パターンの材質および下部パターンの材質等)に最も近いものをユーザがマウス等の入力手段135等により指定することによって選定し、そのメニューに登録された電子線源14の電位 E_0 、グリッド等の電圧付与手段19の電位 E_1 、試料台21の電位 E_2 のそれぞれを、全体制御部26を介して電位制御部23における線源電位調整51、グリッド電位調整48、試料台電位調整48に対して設定し、全体制御部26を介して指令してその条件により決まる焦点位置を焦点位置制御部22で設定し、全体制御部26を介して指令して電子線源14よりの電子線を対物レンズ18を介してウエハ20に照射し、試料(ウエハ)20の表面から発生する二次電子を $E \times B$ 17により集めて二次電子検出器16より画像を検出し、A/D変換器24によりデジタル画像信号に変換する。CPU131は、A/D変換器24から得られるデジタル画像信号を一旦画像メモリ133に記憶して表示手段136に表示し、この表示されたデジタル画像の中で、繰返し性があり、しかも上部にあるパターンをユーザがマウス等の入力手段135等を用いて指定し、そのパターンの輪郭線を抽出することによりパターンの形状情報を算出してRAM134または外部記憶装置137に記憶する。このように、繰返しピッチも含めてパターンの形状情報は、被検査対象物によって決まっている情報なので、CADデータ138から直接得て、RAM134または外部記憶装置137に記憶しても良い。従って、RAM134または外部記憶装置137に記憶されたパターンの形状情報に基づいて、二次電子検出器16より検出される画像に対して指定することによって、上部パターンの領域か下部パターンの領域からの二次電子放出率 η を算出することができる。

【0052】次に、CPU131からの指令により、ウエハ上において電子線が照射される領域をチャージアップが生じていない新たな表面領域にするために、全体制御部26を介してステージ制御部50を駆動制御して試料台21を設置したステージ46を走査しながら、全体

制御部26を介して電位制御部23を制御して各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を所定のピッチで変更し、全体制御部26を介して指令してその条件により決まる焦点位置オフセットを焦点位置制御部22に設定し、全体制御部26を介して指令して電子線源14よりの電子線を対物レンズ18を介してウエハ20に照射し、各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じてウエハ20上の繰返される上部パターンおよび下部パターンの表面領域から発生する二次電子を $E \times B$ 17により集めて二次電子検出器16より画像を検出し、A/D変換器24によりデジタル画像信号に変換する。CPU131は、A/D変換器24により得られる各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じてウエハ20上の繰返される上部パターンおよび下部パターンの表面領域からのデジタル画像を画像メモリ133に記憶し、この記憶された各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じたデジタル画像の中で、RAM134または外部記憶装置137に記憶したパターンの形状情報に基づいて上部パターンの領域か下部パターンの領域かを指定することによって、各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じた上部パターンの領域および下部パターンの領域における二次電子放出率 η と、画像全体でのコントラスト ρ (上部パターンの領域における二次電子放出率 η と下部パターンの領域における二次電子放出率 η との差で現わされる。)等の画質を計算し、外部記憶装置137等に記憶する。CPU131は、図11および図12に示すように、外部記憶装置137等に記憶した画質の内、上部パターンからの二次電子放出率 η が1前後の小さな(ほぼ1に近似される)許容値内(上部パターンへのチャージアップを殆どなくした状態)で、しかも下部パターンからの二次電子放出率 η が1前後の大きな許容値内(下部パターンへのチャージアップを出来るだけ少なくし)で、且つ適正な画像コントラスト ρ が得られる各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を求め、被検査対象物における表面の断面構造が変化する種類(工程別も含む)に対応させて検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)として外部記憶装置137等に記憶する。なお、画像検出時には、焦点位置制御部22は、高さ検出センサ13の出力に焦点位置オフセットを加算した焦点位置に追従制御させるものとする。またCPU131は、画像処理部25における例えば画像比較手段53から得られる実際に検査された欠陥情報(特に誤検出情報)または画像比較手段53における検査判定基準(欠陥判定基準)に基づいて、上部パターンからの二次電子放出率 η に対して設定される1前後の小さな許容値や下部パターンからの二次電子放出率 η に対して設定される1前後の大きな許容値等をキャリブレーション(調整)することによって、検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)を修正し、検査条件設定部28において検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)を設定しなおして画像処理部25における実際の検査において誤検出を防止することができる。上記二次電子放出率 η に対する許容値は、画

像比較手段53における検査判定基準(欠陥判定基準)と関係するからである。勿論、CPU131は、画像処理部25における例えば画像比較手段53から得られる実際に検査された欠陥情報(特に誤検出情報)についての被検査対象物の表面断面構造と対応させた履歴に基づいて、直接検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)をキャリブレーションすることも可能である。またCPU131は、上部パターンからの二次電子放出率 η を算出する際、またはこの二次電子放出率 η に対して1前後の小さな許容値を設定する際、CADデータ138から得られる上部パターンの形状(線幅や間隔も含む)や厚さ等の情報に基づいて調整することによって、より適切な検査条件を選定することができる。

【0053】次に実際に検査する被検査対象物(ウエハ)20に対する検査処理について説明する。まず実際に検査する被検査対象物(ウエハ)20をローディングする前に、検査条件設定部28において、実際に検査する被検査対象物における表面の断面構造が変化する種類(工程別も含む)を入力手段135等を用いて入力することによって、外部記憶装置137等に記憶された実際に検査する被検査対象物に対応する検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)を選定して、RAM134等に設定記憶する。次に全体制御部26の指令に基づいて、実際に検査する被検査対象物(ウエハ)20をローディングし(ステップ31c)、位置合わせした(ステップ32c)後、予め検査条件設定部28のRAM134等に設定記憶されている被検査対象物の種類(ウエハの品種と工程)に対応する検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)に従って電位制御部23を構成する線源電位調整51とグリッド電位調整48と試料台電位調整48を制御して各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 のそれぞれが得(ステップ34c)、その条件により決まる焦点位置オフセットを焦点位置制御部22で設定する。設定後、全体制御部26の指令に基づいて、ステージ制御部50の制御によりステージ46を一定速度でY方向に駆動走行しながら、走査制御部47の制御によりビーム偏向器15を用いて電子線源14よりの電子ビームをX方向に走査し、被検査対象物20の表面から得られる二次電子をE×B17で二次電子検出器16に集めて二次電子検出器16により連続して二次元の二次電子画像を検出し、A/D変換器24において二次元のデジタル二次電子画像信号に変換して画像処理部25における画像メモリ52に記憶する。検出した二次元のデジタル二次電子画像信号と画像メモリ52に記憶した二次元のデジタル二次電子画像信号の内、本来同一パターンであることが期待される例えばチップ毎の画像信号同士を画像比較手段53で比較して異なる部分を欠陥として検出し、画像処理部25内または全体制御部26のメモリに欠陥が生じた位置座標も含めて欠陥に関する情報を記憶する(ステップ35c)。検査すべき場所全て検査を完了したら、被検査対象物20

を試料台21からアンローディングする(ステップ36c)。

【0054】次に、前記した検査条件適正化部27aにおける検査条件の適正化処理と異なる変形例について説明する。即ち、本実施の形態における第1の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η を計算する代わりに、予め辞書に登録して指定した範囲の平均二次電子放出率 η を計算する。即ち、CPU131は、各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じた上部パターンの領域および下部パターンの領域における二次電子放出率 η から、予め外部記憶装置(辞書)137等に登録して指定した範囲(繰り返される上部パターンの領域と下部パターンの領域とが複数繰り返す範囲)についての平均二次電子放出率 η を計算する。そしてCPU131は、この計算された平均二次電子放出率 η が1前後の小さい許容値(ほぼ1に近似される値)内になる検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)を選定する。これによって、多少コントラスト ρ は低下することになるが、被検査対象物の表面上に平均的にチャージアップが起こらないため長時間安定な検査を行うことができる。

【0055】本実施の形態における第2の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η の計算に加え、予め辞書に登録して指定した範囲の平均二次電子放出率 η を計算し、これらの加重平均が1に近い検査条件を選定する。即ち、CPU131は、各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じた上部パターンの領域からの二次電子放出率 η と上記ある範囲に亘る平均二次電子放出率 η とを計算し、これらの加重平均が1に近い検査条件(各電位 E_0 、 E_1 、 E_2)を選定する。これにより上部パターンのチャージアップと平均的なチャージアップを最適化でき、長時間探偵な検査をすることができる。

【0056】本実施の形態における第3の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η を計算する代わりに、作業者が指定した場所の二次電子放出率 η を計算する。即ち、CPU131からの指令により、ウエハ上において電子線が照射される領域をチャージアップが生じていない新たな表面領域にするために、全体制御部26を介してステージ制御部50を駆動制御して試料台21を設置したステージ46を走査しながら、全体制御部26を介して電位制御部23を制御して各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を所定のピッチで変更し、全体制御部26を介して指令してその条件により決まる焦点位置オフセットを焦点位置制御部22に設定し、全体制御部26を介して指令して電子線源14よりの電子線を対物レンズ18を介してウエハ20に照射し、各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じてウエハ20上の繰り返される上部パターンおよび下部パターンの表面領域から発生する二次電子をE×B17により集めて二次電子検

出器16より画像を検出し、A/D変換器24によりデジタル画像信号に変換し、CPU131は、A/D変換器24により得られる各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じてウエハ20上の繰り返される上部パターンおよび下部パターンの表面領域からのデジタル画像を画像メモリ133に記憶し、これら各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じたデジタル画像を表示手段136の画面に表示し、この表示された各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じたデジタル画像に対して二次電子放出率 η を計算する箇所（領域）を入力手段135等を用いて指定することにより、この指定された箇所（領域）において二次電子放出率 η やコントラスト ρ を計算することができる。これにより辞書登録の必要性が無く、必ずしも繰り返し性のないパターンであっても検査条件の選定ができる。また各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 を入力手段135等を用いてクリップしながら、表示手段136の画面に表示された各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 の変更に応じたデジタル画像を観察しながら、二次電子放出率 η やコントラスト ρ を計算することなく直接上部パターンにチャージアップが見られず、しかも適正なコントラスト ρ を有する検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）を選定して外部記憶装置137等に被検査対象物の種類（表面の断面構造）に対応させて記憶することができる。またCPU131が二次電子放出率 η やコントラスト ρ を計算することによって検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）の適正化をはかった場合、その適正化されたデジタル画像を表示手段136の画面に表示することによって、検査条件の適正化を確認することができる。

【0057】本実施の形態における第4の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η を計算する代わりに、画像全体又は作業者が指定した範囲内の平均二次電子放出率 η を計算する。これにより辞書登録の必要性が無く、必ずしも繰り返し性のないパターンであっても検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）の選定ができ、平均的にチャージアップが起らないため長時間安定な検査を実現することができる。本実施の形態における第5の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η を計算する代わりに、複数の走査方法（図6（b）（c）に示す如く走査方向を変えたり、同じ箇所を続けて複数走査したりする方法）で二次電子等によるデジタル画像を検出し、それら一致度（デジタル画像の差がない程度）を計算し、その一致度が高い検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）を選定する。即ち、被検査対象物の表面においてチャージアップが生じている場合には、チャージアップの緩和現象があるとしても、比較的短時間の間に電子線を複数走査することによってチャージアップの現象に変化が生じる筈である。従って、検出されるデジタル画像の間に変化が見られない（一致度が高い）場合には、被検査対象物の表面においてチャージアップが生じ

ていないことを示す。またコントラスト ρ については、検出できるデジタル画像から算出することができる。これによれば登録辞書や作業者の指定なく検査条件の選定ができる。なお、検出されるデジタル画像の間の差（変化）によって、逆に被検査対象物の表面にチャージアップする現象を把握することができる。

【0058】本実施の形態における第6の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η を計算する代わりに、辞書に被検査対象物上において走査方向を180度変えても同一なデジタル画像信号として検出できるパターンを登録しておき、該パターンの位置を指定することによって全体制御部26を介して図17に示すように該パターン171が照射される電子線172が位置合わせされ、その後該パターン171に対して電子線の走査方向を180度変えて電子線172を173および174により往復走査し、一方の走査線から得られるデジタル画像信号を180度鏡面对称に反転させてこの反転したデジタル画像信号と他方の走査線から得られるデジタル画像信号とを比較してその一致度を計算し、その一致度が高く、しかも検出されるデジタル画像に基づいて算出されるコントラスト ρ が適正な検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）を選定する。なお、パターン171にチャージアップが生じた場合には、往復の各走査線173および174においてデジタル画像としてパターン171における走査線の下流側に尾175を引いたようなものが現われる。従って、一方の走査線から得られるデジタル画像信号を180度反転したデジタル画像信号と他方の走査線から得られるデジタル画像信号とを比較することによって、パターン171にチャージアップが生じた場合には、パターン171の両側において尾175が不一致（差）として現われることになる。パターン171にチャージアップが生じない場合には、往復の各走査線173および174においてデジタル画像としてパターン171における走査線の下流側に尾175が発生しなくなり、一致度が高くなる。即ち、パターン171にチャージアップが生じない検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）を選定することができる。この変形例によれば被検査対象物の断面構造の情報なしに適正な検査条件の選定が可能となる。なお、一方の走査線から得られるデジタル画像信号を180度反転したデジタル画像信号と他方の走査線から得られるデジタル画像信号とを比較することによって、パターン171の両側において不一致（差）として現われる尾175を検出することによって、パターン171に生じたチャージアップ現象を把握することが出来る。

【0059】本実施の形態における第7の変形例は、CPU131が予め辞書に登録して指定した場所の二次電子放出率 η を計算する代わりに、図9に示すように被検査対象物上のある領域について電子線を複数回走査してそれぞれにおけるデジタル画像を検出し、例えば1回目

の検出デジタル画像と複数回目の検出デジタル画像とを比較してその一致度を計算し、その一致度が高く、しかも検出されるデジタル画像に基づいて算出されるコントラスト ρ が適正な検査条件（各電位 E_0 , E_1 , E_2 ）を選定する。即ち上部パターンにチャージアップが生じていれば、例えば1回目の検出デジタル画像と複数回目の検出デジタル画像との間の差が大きくなる。逆に上部パターンにチャージアップが生じていなければ、例えば1回目の検出デジタル画像と複数回目の検出デジタル画像との間の差が殆どなく、一致度が高くなる。従って、上部パターンにチャージアップが生じない検査条件（各電位 E_0 , E_1 , E_2 ）を選定することができる。逆にを比較のこの変形例によれば被検査対象物の表面断面構造の情報無しに適正な検査条件を選定することができる。

【0060】本実施の形態における第8の変形例は、自動で検査条件を選定する代わりに、CPU131は指定した場所の二次電子放出率 η 、複数の走査方法で検出したデジタル画像の一致度、デジタル画像のコントラスト等の画質評価パラメータを表示手段136に表示する等して作業者に提示して検査条件を選定してもらう。本変形例によれば単純な構成で適正な検査条件の選定ができる。本実施の形態における第9の変形例は、自動で検査条件を選定する代わりに、CPU131は、変更される各電位 E_0 , E_1 , E_2 に対応させて検出されたデジタル画像を表示手段136に表示するなどして作業者に提示し、観察されるデジタル画像に基づいて適正な検査条件（各電位 E_0 , E_1 , E_2 ）を選定してもらう。本変形例によれば、被検査対象物の表面断面構造の情報無しに、しかも単純な構成で検査条件の選定を行うことができる。また、以上説明した複数の変形例を適用して適正な検査条件（各電位 E_0 , E_1 , E_2 ）を選定してもよいことは明らかである。

【0061】以上説明したように本実施の形態によれば、各種の品種、工程のウエハ（被検査対象物）を適正な検査条件（各電位 E_0 , E_1 , E_2 ）で検査でき、特定の品種のみならず、複数の工程における様々な表面の断面構造を有するウエハ（被検査対象物）上のパターンの欠陥や寸法等の検査を実現することができる。これにより、図21に示した如く、外観検査装置として使用でき、製造工程の流れの途中において光学的に検査できない表面の断面構造を有するレジストパターンや絶縁膜パターンにおける微細な欠陥や寸法等の検査をインラインで実現することができる。当然オフラインで実現することもできる。

【0062】次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第3の実施の形態について図18を用いて説明する。即ち、本システム（装置）は、電子線を発生させる電子線源14と、ビームを走査させて画像化するためのビーム偏向器15と、電子線を被検査対象物であるウエハ20

上に結像させる対物レンズ18と、対物レンズ18とウエハ20の間に設けたグリッド等の電圧付与手段19と、ウエハ20を保持する試料台21を設置してウエハ20を走査したり位置決めしたりするステージ46と、ウエハの表面から発生した二次電子を二次電子検出器16に集めるための $E \times B$ （電界 E （electric field）と磁界 B （magnetic field）とが付与されるもの）17と、高さ検出センサ13と、高さ検出センサ13から得られるウエハ表面の高さ情報に基づいて対物レンズ18の焦点位置を調整する焦点位置制御部22と、ビーム偏向器15を制御して電子ビームの走査を実現する走査制御部47と、試料台21の電位 E_0 を調整する試料台電位調整49、グリッド等の電圧付与手段19の電位 E_1 を制御するグリッド電位調整48および電子線源14の電圧 E_2 を制御する線源電位調整51からなる電位制御部21と、二次電子検出器16よりの信号をA/D変換するA/D変換器24と、画像メモリ52および画像比較手段53からなり、A/D変換器24でA/D変換されたデジタル画像を処理する画像処理部25と、設計情報等から得られる被検査対象物の表面断面構造に基づいて検査条件を適正化する検査条件適正化部27bと、該検査条件適正化部27bで適正化されて選定された検査条件を設定記憶する検査条件設定部28と、ステージ46を制御するステージ制御部50と、これら全体を制御する全体制御部26と、電子線源14、ビーム偏向器15、対物レンズ（静電光学系）18、グリッド等の電圧付与手段19および被対象物（試料）であるウエハ20等を収納した真空試料室45とよりなる。図16と異なるのは、検査条件適正化部27bである。

【0063】本システムのシーケンスを図14（c）に示す。被検査対象物20を構成する複数の材質より検査条件を設定する方式である。検査条件適正化部27bにおける検査条件の適正化は、次に説明するように行われる。即ち、CPU131は、図1および図10に示す如く、被検査対象の種類に亘って表面の断面構造を構成する複数材質についての試料上の加速電圧 E 及び試料上の電位勾配 α と二次電子放出効率 η との関係を、入力手段等135を用いて入力された実験値に基づいて理論的に算出して外部記憶装置137等に記憶する。次に被検査対象物の種類に応じた表面の断面構造を構成する複数材質（上部に位置する材質と下部に位置する材質）を入力手段等135を用いて指定する。CPU131は、指定された上部に位置する材質の二次電子放出効率 η が1前後の小さな許容値内（ほぼ1）であり、しかも下部に位置する材質の二次電子放出率 η が例えば0.7から1.2等の予め決めた許容範囲内であり、かつ上部に位置する材質の二次電子放出効率 η との差（コントラスト ρ ）が適切な検査条件（各電位 E_0 , E_1 , E_2 ）を探し、これを適正な検査条件として、外部記憶装置137等に記憶する（ステップ37d）。当然外部記憶装置137等

には、被検査対象の種類の数に亘って、各種類に応じた適正な検査条件の群が記憶されることになる。

【0064】次に実際にウエハを検査することについて説明する。まず実際にウエハを検査する前に、検査条件設定部28において、外部記憶装置137等に記憶された検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）の群の中から検査しようとするウエハの種類（品種と工程とからなる。）に対応する検査条件を選定してRAM134等に記憶する。次に全体制御部26からの指令で、実際に検査するウエハをローディングし（ステップ31d）、位置合わせした（ステップ32d）後、検査条件設定部28に記憶された検査条件を讀出して、電位制御部23を構成する試料台電位調整49、グリッド電位調整48および線源電位調整51により各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 のそれぞれを制御し、この条件により決まる焦点位置オフセットを焦点位置制御部22で設定する（ステップ34d）。この設定後、全体制御部26からの指令によりステージ46をステージ制御部50からの制御により所定の速度でY方向に駆動しながら（このY方向の走査はビーム偏向器15による走査を併用してもよい。）、走査制御部47からの制御によりビーム偏向器15を用いて電子線源14よりの電子ビームをX方向に走査して二次電子検出器16から連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換して画像処理部25の画像メモリ52に記憶する。次に画像比較手段53において、検出した二次元デジタル画像信号と画像メモリ52に記憶された二次元デジタル画像信号のうち、本来同一であることが期待される（例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域（パターンからなる場合も含む）毎の）画像信号同士を比較して検査基準（判定基準）に基づいて異なる部分を欠陥として判定し、画像処理部25内または全体制御部26内のメモリに記録する（ステップ35d）。ウエハ20に対して検査すべき場所全て検査を完了したらアンローディングする（ステップ36d）。

【0065】本実施の形態による第1の変形例は、被検査対象物の情報のみにより探索して得られる検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）をそのまま適用する代わりに、探索して得られる検査条件（各電位 E_0 、 E_1 、 E_2 ）の近傍で上記第2の実施の形態において説明した方式（被検査対象物の表面から発生する二次電子を検出して得られるデジタル画像信号に基づく検査条件の適正化）でキャリブレーションすることによって実際のウエハの表面の断面構造に適する検査条件を算出することが出来る。即ち、チャージアップの現象は、表面の断面構造におけるパターンの材質だけで決まるものではなく、上部パターンの形状や厚さ等によっても変化するからである。本変形例によれば、最短の時間で正確な検査条件の設定を行うことができる。

【0066】本実施の形態でも、上記第2の実施の形態

と同様な作用効果を得ることができる。即ち、各種の品種、工程のウエハを最適な検査条件で検査でき、特定の品種のみならず、複数の工程で得られるウエハに対して適用することができる。

【0067】次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出（観察）するシステムの第4の実施の形態について図19を用いて説明する。図19は本発明に係る観察用SEMの一実施の形態を示す概略構成図である。本システム（装置）は、電子線を発生させる電子線源14と、ビームを走査させて画像化するためのビーム偏向器15と、電子線を被対象物20上に結像させる対物レンズ18と、対物レンズと被対象物との間に設けたグリッド等の電圧付与手段19と、被対象物20を保持する試料台21を設置して被対象物20を走査したり位置決めしたりするステージ46と、被対象物の表面から発生した二次電子を二次電子検出器16に集めるためのE×B（電界E（electric field）と磁界B（magnetic field）とが付与されるもの）17と、高さ検出センサ13と、高さ検出センサ13から得られる被対象物表面の高さ情報に基づいて対物レンズ18の焦点位置を調整する焦点位置制御部22と、ビーム偏向器15を制御して電子ビームの走査を実現する走査制御部47と、試料台21の電位 E_0 を調整する試料台電位調整49、グリッド等の電圧付与手段19の電位 E_1 を制御するグリッド電位調整48および電子線源14の電圧 E_2 を制御する線源電位調整51からなる電位制御部21と、二次電子検出器16よりの信号をA/D変換するA/D変換器24と、A/D変換器24でA/D変換されたデジタル画像をディスプレイ等のモニタ55に表示する画像表示部54と、設計情報等から得られる被検査対象物の表面断面構造に基づいて検査条件を適正化する検査条件適正化部27bと、該検査条件適正化部27bで適正化されて選定された検査条件を設定記憶する検査条件設定部28と、ステージ46を制御するステージ制御部50と、これら全体を制御する全体制御部26と、電子線源14、ビーム偏向器15、対物レンズ（静電光学系）18、グリッド等の電圧付与手段19および被対象物（試料）であるウエハ20等を収納した真空試料室45とよりなる。図16および図18と異なるのは、画像処理部25に代えて、画像表示部54およびモニタ55を設けたことにある。なお、検査条件適正化部27bにも、画像表示部54の機能を有すると共にモニタ（表示手段）136を備えているので、モニタ55に代えてモニタ（表示手段）136を用いることができる。

【0068】本システムのシーケンスは、図14（c）に示す如く、第3の実施の形態と同様とする。ただし、ステップ35dにおける検査は、作業者よりの指示に従って全体制御部26からの指令によりステージ46をステージ制御部50からの制御により所定の速度でY方向

に駆動しながら（このY方向の走査はビーム偏向器15による走査を併用してもよい。）、走査制御部47からの制御によりビーム偏向器15を用いて電子線源14よりの電子ビームをX方向に走査して二次電子検出器16から連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換して画像表示部54内に設けられた画像メモリに記憶する。そして画像表示部54は画像メモリに記憶された画像信号の中から指定された画像を切りだしてモニタ55に拡大表示して作業者に提示する。従って、作業者は、被対象物の表面上の特定の部分画像を拡大して観察することができる。本実施の形態によれば、被対象物の表面の材質の変化によらず、常にチャージアップを起こさない条件で観察することができる。

【0069】次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第5の実施の形態について図20を用いて説明する。図20は本発明に係るパターンの寸法を検査する測長装置の一実施の形態を示す概略構成図である。本システム（装置）は、電子線を発生させる電子線源14と、ビームを走査させて画像化するためのビーム偏向器15と、電子線を被対象物20上に結像させる対物レンズ18と、対物レンズと被対象物との間に設けたグリッド等の電圧付与手段19と、被対象物20を保持する試料台21を設置して被対象物20を走査したり位置決めしたりするステージ46と、被対象物の表面から発生した二次電子を二次電子検出器16に集めるためのE×B（電界E（electric field）と磁界B（magnetic field）とが付与されるもの）17と、高さ検出センサ13と、高さ検出センサ13から得られる被対象物表面の高さ情報に基づいて対物レンズ18の焦点位置を調整する焦点位置制御部22と、ビーム偏向器15を制御して電子ビームの走査を実現する走査制御部47と、試料台21の電位 E_0 を調整する試料台電位調整49、グリッド等の電圧付与手段19の電位 E_1 を制御するグリッド電位調整48および電子線源14の電圧 E_2 を制御する線源電位調整51からなる電位制御部21と、二次電子検出器16よりの信号をA/D変換するA/D変換器24と、A/D変換器24でA/D変換されたデジタル画像を記憶する画像メモリを有し、この画像メモリに記憶されたデジタル画像に基づいて所定のパターンの寸法を計測する計測処理部56を有する画像処理部25と、A/D変換器24から得られるデジタル画像に基づいて被検査対象物の表面断面構造に対応させて検査条件を適正化する検査条件適正化部27aと、該検査条件適正化部27aで適正化されて選定された検査条件を設定記憶する検査条件設定部28と、ステージ46を制御するステージ制御部50と、これら全体を制御する全体制御部26と、電子線源14、ビーム偏向器15、対物レンズ（静電光学系）18、グリッド等の電圧付与手段19および被対象物（試

料）であるウエハ20等を収納した真空試料室45とよりなる。図16および図18と異なるのは、画像処理部25において被検査対象物上のパターンの寸法等を計測することにある。なお、画像処理部25においてパターンの寸法を計測するためには、走査制御部47からビーム偏向器15に与える電子ビームの偏向量（走査量）およびステージ制御部50によってステージを走行させる変位量（走行量）のデータが必要となる。そのため、画像処理部25には、走査制御部47からビーム偏向器15に与える電子ビームの偏向量（走査量）およびステージ制御部50によってステージを走行させる変位量（走行量）のデータ（位置情報）221が入力されている。

【0070】本システムのシーケンスは、図14（b）に示す如く、第2の実施の形態と同様とする。ただし、ステップ35cにおいて、全体制御部26からの指令でステージ46をステージ制御部50の制御によって所定の速度でY方向に駆動しながら走査制御部47の制御によりビーム偏向器15を用いて電子線源14よりの電子ビームをX方向に走査して二次電子検出器16から連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換して画像処理部25内に設けられた画像メモリに記憶する。画像処理部25は、入力された走査制御部47からビーム偏向器15に与える電子ビームの偏向量（走査量）およびステージ制御部50によってステージを走行させる変位量（走行量）のデータ（位置情報）221を用いて、上記画像メモリに記憶された画像データに基づいて被対象物の表面に形成された所望のパターンの寸法を計測し、その結果を画像処理部25内または全体制御部26内のメモリに記憶し、必要に応じて作業者に提示すべく出力する。

【0071】本実施の形態によれば、各種の品質、工程のウエハ上のパターンについて適正な検査条件で計測でき、特定の品種のみならず、複数の工程から得られるウエハ上のパターンの寸法を正確に計測でき、その結果、図21に示した品質検査装置として使用することができる。即ち、製造工程の途中において光学的に計測できないレジストパターンや絶縁膜等のパターンについて微細な線幅等を正確に計測でき、その結果品質検査を実現することができる。次に本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第6の実施の形態を示す図である。この第6の実施の形態は、被検査対象物20の表面にチャージアップが生じた場合において、図4～図6、図8、図17に示すようにセンサ11（16）で検出される被検査対象物の物理的性質を現わした例えば二次電子による画像信号をA/D変換器24で変換したデジタル画像信号に現われるチャージアップの現象に対して画像処理部25に

において検査基準(判定基準)を変えたりしてこのチャージアップの影響を軽減して正しく検査することができるようにしたものである。

【0072】即ち、図22に示す実施の形態においては、検査条件適正化部27aにおいて、CPU131は、被検査対象物の表面断面構造が異なる各種類について、電子線の高速に走査する走査方向に応じてセンサ11(16)で検出されてA/D変換器24で変換された被検査対象物の物理的性質を現わした例えば二次電子によるデジタル画像信号に基づいて、電子線の高速に走査する走査方向に対応させて例えば図6(b)または(c)、および図8(b)に示すようにチャージアップが生じたことによるデジタル画像信号の変化領域(チャージアップによる変化領域)を抽出し、必要に応じて上記変化領域における平均的な明るさを求める等のチャージアップ判定を行い、その結果を被検査対象物の各種類毎に外部記憶装置137等に記憶する。チャージアップが生じたことによるデジタル画像信号の変化領域の抽出は、例えば上部パターン領域の明るさを消去し、下部パターン領域の明るさを消去する2つの閾値を用いれば実現することができる。それは、チャージアップによる変化領域の明るさが、上部パターン領域の明るさと下部パターン領域の明るさとの中間にあるからである。従って、検査条件適正化部27aにおいて、外部記憶装置137等に被検査対象物の各種類毎に、電子線の高速に走査する走査方向に対応させて、繰り返される例えばチップまたはブロックまたは単位領域毎のチャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ(マスク信号)(例えば図6(d)(e)および図8(c)に示す)が形成されることになる。ただし、チャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ(マスク信号)に対して変化領域のみを拡大する処理を施してそれをマスクデータ(マスク信号)222として外部記憶装置137等に記憶しておくことが望ましい。また同じ種類の被検査対象物上の繰り返される例えばチップまたはブロックまたは単位領域において、複数種類のチャージアップ現象が異なる表面断面構造を有する場合があるので、その分まで二次元のマスクデータを用意する必要がある。

【0073】なお、チャージアップによる変化領域における検査基準(判定基準)については、CPU131において求められる上記変化領域における平均的な明るさに基づいて定めても良い。また上記変化領域以外における検査基準(判定基準)については、上部パターン領域と下部パターン領域との間の画像コントラスト ρ に基づいて定めれば良い。

【0074】次に実際に被検査対象物(ウエハ)を検査することについて説明する。まず検査条件設定部28は、実際検査する際指定された被検査対象物の種類に対応するマスク信号を外部記憶装置137等から読出して

RAM134等に設定記憶する。次に全体制御部26からの指令によりステージ46をステージ制御部50からの制御により所定の速度でY方向に駆動しながら走査制御部47からの制御によりビーム偏向器15を用いて電子線源14よりの電子ビームをX方向に走査してセンサ11(二次電子検出器16)から連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換して画像処理部25の画像メモリ52に記憶する。次に画像比較手段53において、検出した二次元デジタル画像信号と画像メモリ52に記憶された二次元デジタル画像信号のうち、本来同一であることが期待される(例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域毎の)画像信号同士を比較する際、上記RAM134等に記憶されたマスクデータ222を読出して、走査制御部47からビーム偏向器15に与える電子ビームの偏向量(走査量)およびステージ制御部50によってステージを走行させる変位量(走行量)のデータ(位置情報)221に基づいて、読出されたマスクデータ222を上記比較される二次元デジタル画像信号と位置合わせさせ、上記マスクデータ222に基づいて変化領域とそれ以外の領域とにおいて検査基準(判定基準)を変えて画像信号同士が異なる部分を欠陥として判定し、画像処理部25内または全体制御部26内のメモリに記録する。即ち、画像比較手段53において、本来同一であることが期待される(例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域毎の)画像信号同士を比較する際、上記マスクデータ222に基づいてチャージアップによる変化領域とそれ以外の領域とにおいて検査基準(判定基準)を変える(例えばチャージアップによる変化領域において感度を低下させる)ことによって、チャージアップによって検出されるデジタル画像信号に変化が生じたとしても、誤検出を防止することができる。

【0075】ところで、図6および図17に示すように、主として電子線の高速に走査される走査方向と関係してチャージアップによる変化領域が変化するので、例えば試料台21を90度または180度回転させることによって被検査対象物20を90度または180度回転させて電子線の走査方向を変えて、再度センサ11(二次電子検出器16)から連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換し、画像処理部25で検査することによって、全領域に亘って同一の検査基準(判定基準)で検査することができる。

【0076】図23は、本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第7の実施の形態を示した図である。図23に示す第7の実施の形態においては、被検査対象物20(28)をローディングし、全体制御部26からの指令によりステージ46をステージ制御部50からの制御により位置合わせをした後、被検査対象物20上のあるチップ

またはブロックまたは単位領域（パターンからなる場合も含む）について、電子線を1回走査してセンサ11（二次電子検出器16）から連続した第1の二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で第1の二次元デジタル画像信号に変換して検査条件適正化部27cの画像メモリ232に記憶すると共に画像処理部25の画像メモリ52に記憶する。次に同じチップまたはブロックまたは単位領域（パターンからなる場合も含む）について、電子線を複数回走査して（高速に走査する方向を変えてもよい。）センサ11（二次電子検出器16）から連続した第2の二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で第2の二次元デジタル画像信号に変換し、検査条件適正化部27cのCPU等から構成されるチャージアップ判定部233において、上記画像メモリ232（133）に記憶された第1の二次元デジタル画像信号と上記第2の二次元デジタル画像信号との差を算出してチャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ（マスク信号）（例えば図6（d）（e）および図8（c）に示す）を形成してメモリ234に記憶する。ただし、チャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ（マスク信号）に対して変化領域のみを拡大する処理を施してそれをマスクデータ（マスク信号）235としてメモリ234に記憶しておくことが望ましい。なお、チャージアップによる変化領域における検査基準（判定基準）については、チャージアップ判定部233において求められる上記変化領域における平均的な明るさに基づいて定めても良い。また上記変化領域以外における検査基準（判定基準）については、上部パターン領域と下部パターン領域との間の画像コントラスト ρ に基づいて定めれば良い。このように検査条件適正化部27cにおいてマスクデータ235が作成されるまで、画像比較手段53において検査を実行しないものとする。

【0077】次に実際に被検査対象物（ウェハ）を検査する場合、図22に示す実施の形態と同様になる。即ち、全体制御部26からの指令によりステージ46をステージ制御部50からの制御により被検査対象物（ウェハ）を所定の速度でY方向に駆動しながら走査制御部47からの制御によりビーム偏向器15を用いて電子線源14よりの電子ビームをX方向に走査してセンサ11（二次電子検出器16）からチップまたはブロックまたは単位領域が繰り返される連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換する。次に画像比較手段53において、検出した二次元デジタル画像信号と画像メモリ52に記憶された第1の二次元デジタル画像信号のうち、本来同一であることが期待される（例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域毎の）画像信号同士を比較する際、上記メモリ234に記憶されたマスクデータ235を讀出して、走査制御部47からビーム偏向器15に与える電

子ビームの偏向量（走査量）およびステージ制御部50によってステージを走行させる変位量（走行量）のデータ（位置情報）221に基づいて、讀出されたマスクデータ235を上記比較される第1の二次元デジタル画像信号と位置合わせさせ、上記マスクデータ235に基づいて変化領域とそれ以外の領域とにおいて検査基準（判定基準）を変えて画像信号同士が異なる部分を欠陥として判定し、画像処理部25内または全体制御部26内のメモリに記録する。即ち、画像比較手段53において、本来同一であることが期待される（例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域毎の）画像信号同士を比較する際、上記マスクデータ235に基づいてチャージアップによる変化領域とそれ以外の領域とにおいて検査基準（判定基準）を変える（例えばチャージアップによる変化領域において感度を低下させる）ことによって、チャージアップによって検出されるデジタル画像信号に変化が生じたとしても、誤検出を防止することができる。

【0078】ところで、図6および図17に示すように、主として電子線の高速に走査される走査方向と関係してチャージアップによる変化領域が変化するので、例えば試料台21を90度または180度回転させることによって被検査対象物20を90度または180度回転させて電子線の走査方向を変えて、再度センサ11（二次電子検出器16）から連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換し、画像処理部25で検査することによって、全領域に亘って同一の検査基準（判定基準）で検査することができる。

【0079】図24は、本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第8の実施の形態を示した図である。図24に示す第8実施の形態は、被検査対象物の表面において同一線上を電子線を往復走査または2回走査をしながら、二次元に走査してセンサ11（二次電子検出器16）からチップまたはブロックまたは単位領域が繰り返される連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元デジタル画像信号に変換する場合を示す。241は、往復走査または2回走査のうちのA/D変換器24から得られる先の1走査線のデジタル画像信号を記憶するシフトレジスタ等で構成するメモリである。242は画像加算回路で、メモリ241からの先の1走査線のデジタル画像信号とA/D変換器24から得られる後の1走査線のデジタル画像信号とを加算するものである。往復走査の場合には、画像加算回路242において、メモリ241から先の1走査線のデジタル画像信号を180度反転させて讀出す必要がある。243はゲート回路で、往復走査または2回走査のうちの先の走査の間閉じる回路である。

【0080】図24に示す実施の形態においては、被検

査対象物20(28)をローディングし、全体制御部26からの指令によりステージ46をステージ制御部50からの制御により位置合わせをした後、被検査対象物20上のあるチップまたはブロックまたは単位領域(パターンからなる場合も含む)について、電子線を往復走査または2回走査しながら、二次元に走査してセンサ11(二次電子検出器16)から往復走査または2回走査しながらの連続した二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で往復走査または2回走査しながらの二次元デジタル画像信号に変換し、検査条件適正化部27dのCPU等から構成されるチャージアップ判定部233において、上記チップまたはブロックまたは単位領域について、メモリ241から得られる往復走査または2回走査の内の先の走査線に基づく二次元デジタル画像信号とA/D変換器24から得られる往復走査または2回走査の内の後の走査線に基づく二次元デジタル画像信号とを差を算出してチャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ(マスク信号)(例えば図6(d)

(e)および図8(c)に示す)を形成してメモリ234に記憶する。ただし、チャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ(マスク信号)に対して変化領域のみを拡大する処理を施してそれをマスクデータ(マスク信号)235としてメモリ234に記憶しておくことが望ましい。次に実際に被検査対象物(ウエハ)を検査する場合、図22および図23に示す実施の形態と同様になる。なお、検査が行われる二次元のデジタル画像信号が加算回路242で加算されたものであるため、S/N比の向上が図られて、高信頼度の検査を実現することができる。しかし、電子線の走査が複雑になると共に往復走査または2回走査によって得られるデジタル画像信号の位置合わせを正確にすることが必要となる。

【0081】図25は、本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第9の実施の形態を示した図である。図25に示す第9実施の形態は、画像比較手段254において、本来同一であることが期待される(例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域毎の)画像信号同士を比較して不一致として欠陥候補を検出し、この欠陥候補が含まれている比較された2つの画像の各々を切りだし回路255、256の各々により切りだして一旦画像メモリ257、258の各々に記憶し、詳細解析手段259において検査条件設定部28から得られるチャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ(マスク信号)等を用いて検査基準(判定基準)を変更したりしてチャージアップについて考慮し、真の微細な欠陥等を検査できるようにしたものである。即ち、遅延回路251は、繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域分、デジタル画像信号を遅延させるためのもので例えばシフトレジスタ等で構成される。画像メモリ25

2、253の各々は、複数の走査線からなるある領域のデジタル画像を記憶するものである。画像比較手段254は、画像メモリ252、253の各々に記憶された本来同一であることが期待されるデジタル画像信号を比較して不一致として欠陥候補を抽出するものである。切りだし回路255、256の各々は、画像比較手段254で抽出された欠陥候補が含まれているデジタル画像信号の各々を、各画像メモリ252、253の各々から切りだして画像メモリ257、258の各々に記憶させるものである。詳細解析手段259は、画像メモリ257、258の各々に切り出されて欠陥候補が含まれるデジタル画像同士を、検査条件設定部28から得られるチャージアップによる変化領域を示す二次元のマスクデータ(マスク信号)等を用いて検査基準(判定基準)を変更したりして詳細解析を行って、真の微細な欠陥等を検査することができる。この実施の形態によれば、詳細解析に時間を要する場合、センサ11(二次電子検出器16)から検出される画像の発生に同期させることなく、真の微細な欠陥等をチャージアップに大きく影響を受けることなく、検査することができる。特に真の微細な欠陥等を見付けるためには、デジタル画像同士を検出する微細な欠陥サイズより正確に位置合わせをする必要があり、そのためには位置ずれ検出も必要となり、さらに複数のパラメータを用いて複数の特徴を抽出し、この抽出された特徴に合わせて準備された検査基準(判定基準)に基づいて判定する必要がある、詳細解析には時間を要することになる。

【0082】図26は、本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第10の実施の形態を示した図である。例えばチャージアップによって、図5(b)に示すように、検出される画像においてパターンが縮小して検出された場合、例えば繰り返されるチップまたはブロックまたは単位領域毎の画像信号同士を比較する場合には、比較する画像信号同士が同じようにパターンが縮小されるため、不一致としての欠陥を検出することができる。しかし、パターンの寸法(線幅や厚さ等)の構造的特徴を抽出する場合には、チャージアップによって検出される画像において変化が生じた場合には、この変化に応じて構造的特徴を抽出するためのパラメータを変更する必要がある。

【0083】この場合の第10の実施の形態について、図26を用いて説明する。被検査対象物の表面断面構造と同一(特に材質について同一)で、寸法が他の方法によって測定されて既知の基準ターゲット(基準試料)を試料台21に設置し、その基準ターゲットに対して電子線を二次元に走査して照射してセンサ11(二次電子検出器16)から二次元画像信号を検出し、A/D変換器24で二次元のデジタル画像信号に変換し、検査条件適正化部27aでこの変換された二次元のデジタル画像信号に基づいて基準ターゲットの寸法等の特徴量を算出

し、既知の基準ターゲットの寸法等の特徴量との差を求めて、例えば図5(b)に示すように、チャージアップによるパターンの縮小率等の特徴量の変化率を算出して外部記憶装置137等に記憶する。被検査対象物の表面断面構造が多数有る場合に、グループ分けして準備する基準ターゲットの数を減らし、そのグループ内においては被検査対象物の表面断面構造の設計情報を用いて補間または補正すればよい。

【0084】検査条件設定部28においては、被検査対象物の表面断面構造に応じた特徴量の変化率264を讀出して設定する。画像処理部25において、各種パラメータ設定手段261は、被検査対象物の表面断面構造の種類に応じたパターンの寸法(線幅や厚さ等)等の構造的特徴抽出用の各種パラメータが入力されて記憶されたものである。補正手段262は、被検査対象物の種類を指定することによって、各種パラメータ設定手段261に設定記憶されたパターンの寸法等の構造的特徴抽出用の各種パラメータから所望の被検査対象物の種類に適するパラメータが讀出され、この讀出されたパラメータに対して特徴量の変化率264に応じて補正を実行するものである。構造的特徴抽出手段263は、A/D変換器24から得られる被検査対象物20(28)の二次元デジタル画像信号から、補正されたパラメータに基づいて表面の断面構造の特徴量(パターンの寸法等)を抽出するものである。即ち、構造的特徴抽出手段263は、走査制御部47からビーム偏向器15に与える電子ビームの偏向量(走査量)およびステージ制御部50によってステージを走行させる変位量(走行量)のデータ(位置情報)(被検査対象物上の位置座標を示す)221に基づいて、被検査対象物の表面の断面構造の特徴量の抽出を行う。このように構造的特徴抽出手段263においては、構造的特徴量を抽出するパラメータを補正することにより、被検査対象物20(28)の表面上に生じるチャージアップの現象を考慮した形で被検査対象物の表面における構造的特徴量を抽出することが出来る。また構造的特徴抽出手段263において抽出された構造的特徴量(パターンの寸法等)について、検査基準(判定基準)と比較することによって検査を実行することができる。

【0085】本発明に係る電子線を用いて半導体ウエハ等の被対象物上のパターンを検出するシステムの第11の実施の形態を図27を用いて説明する。14は電子線源、15はビーム偏向器、16は二次電子検出器である。21'はウエハ等の被検査対象物20を、アースに接地された針272で支持するウエハチャックである。従って、被検査対象物20に帯電された電荷が針272を通して逃げることで、チャージアップの緩和現象が生じることになる。46はX-Yステージである。271は、X-Yステージ46の位置、被検査対象物20上の位置座標を検出する位置モニタ用測長器である。273

は電子シャワー発生器で、電子シャワーを二次電子が発生しない程度に被検査対象物20上に吹付て、正にチャージアップされたのを中和してチャージアップが生じないようにするものである。274はイオンシャワー発生器で、イオンシャワーを二次電子が発生しない程度に被検査対象物20上に吹付て、負にチャージアップされたのを中和してチャージアップが生じないようにするものである。275は負の電位が付与されたメッシュ電極で、被検査対象物20の所望の箇所に集束された電子線(電子ビーム)5を照射したとき、被検査対象物20の表面から発生する二次電子を適正に二次電子検出器16で検出するために設けたものである。24'は、二次電子検出器16で検出された二次元の二次電子画像信号を入力する画像入力部で、A/D変換器24を含むものである。25は画像メモリ52や画像比較手段53等を有する画像処理部で、画像入力部24'に入力された二次元の二次電子画像信号と位置モニタ用測長器271から得られる被検査対象物20上の位置座標とに基づいて上部パターン等の検査を行うものである。26は、制御用計算機(全体制御部)であり、ビーム偏向器15、X-Yステージ46、電子シャワー発生器273、イオンシャワー発生器274およびメッシュ電極275への付与電圧を制御するものである。特に、制御用計算機(全体制御部)26は、電子シャワー発生器273およびイオンシャワー発生器274で吹き付けた電子およびイオンによって、二次電子検出器16で検出される二次電子信号に影響を及ぼさないように制御する必要がある。

【0086】なお、本第11の実施の形態を、前記した第1～第10の実施の形態に適用することも可能である。即ち、前記した第1～第10の実施の形態において、被対象物20の表面に蓄積した電荷が、電子シャワー発生器273およびイオンシャワー発生器274で吹き付けた電子およびイオンによって中和されるので、二次電子または反射電子に基づく検出画像における例えばコントラストが時間的にほぼ一定の状態で保つことができる。図21には、ウエハ(半導体基板)212が製造ライン211に投入されて多数の製造設備1～nを用いて製造される製造システムの概略構成を示す。213は、製造ラインを構成する多数の製造設備1～nに対応して設けられた端末2141～nから入力される様々な製造条件(製造ロットも含む)と品質検査装置215、中間外觀検査装置216およびプローブテスト217等で検査された品質データとが管理される品質管理ネットワークであり、品質管理計算機(図示せず)に接続されている。製造設備に設けられた制御装置を直接品質管理ネットワーク213に接続しても良い。

【0087】品質検査装置215においては、所望の製造装置まで製造されたウエハ212に対して少なくともロット単位で、異物欠陥や寸法測長などの検査を行う検査装置で、光学式に検査する検査装置や本発明に係る電

子線を用いた検査装置も適用することができる。品質検査装置215は、所望の製造装置まで製造されたウエハ212に対して少なくともロット単位で、インラインで行っても良い。ここにおいて、露光現像されたレジストパターン（光に対して透過性を有する。）等の寸法測定に本発明に係る電子線を用いた検査装置も適用することによって、光学方式に比べて高精度の測定検査結果を得ることが出来る。中間外観検査装置216においては、所望の製造装置まで製造されたウエハ212に対して少なくともロット単位で、ウエハの表面に形成された配線パターンやスルホールが形成された絶縁膜パターン等の検査を行う検査装置で、光学式に検査する検査装置や本発明に係る電子線を用いた検査装置も適用することができる。中間外観検査装置216も、品質検査装置215と同様に所望の製造装置まで製造されたウエハ212に対して少なくともロット単位で、インラインで行っても良い。ここにおいて、スルホールが形成された絶縁膜パターン等の欠陥検査に本発明に係る電子線を用いた検査装置も適用することによって、光学方式に比べて高精度の欠陥検査結果を得ることが出来る。

【0088】プローブテスト217は、完成されたウエハ上に形成されたICチップ全数に亘って電気的特性検査を行う装置である。従って、プローブテスト217からはウエハ上にチップ毎に不良項目が検出される。品質管理計算機は、品質検査装置215、中間外観検査装置216およびプローブテスト217から得られる検査結果が品質管理ネットワーク213を介して得られ、その検査結果を解析することによって不良原因が推定され、その不良原因を誘起する製造工程（製造装置）が特定され、その情報が製造装置の端末に報告され、不良が発生しないように製造条件の変更や修正を行う。

【0089】即ち、半導体基板（ウエハ）上に、層間絶縁膜、保護膜等の絶縁膜や配線金属膜等を成膜処理する成膜ドライプロセス、配線パターンやスルホール等を有する絶縁膜パターン等を形成するエッチングドライプロセス、レジスト塗布して露光現像してレジストパターンを形成する露光現像プロセス、レジスト除去プロセス、絶縁膜等を平坦化する平坦化プロセスおよび洗浄プロセス等を経て半導体が製造される。従って、半導体の製造ラインは、上記各プロセスを実現する各種の処理装置と該各処理装置を制御する制御装置とを有する多数の製造装置1～nを配置して構成される。そして本発明に係る電子線を用いた検査装置を、上記所望の製造装置の間に設置し、この検査装置によって製造装置で製造されたウエハ上のパターンの検査を行い、その結果を品質管理ネットワーク213を介して品質管理用計算機に送信し、品質管理計算機はこの検査データと過去の品質管理データとに基づいて不良原因を究明し、その不良原因を誘起している製造設備の端末に報告する。報告を受けた端末は、不良原因に応じた対策制御を製造設備に対して行

う。不良が発生しないように製造条件（プロセス処理条件）の変更や修正（クリーニングも含む）、即ち制御を行う。

【0090】

【発明の効果】本発明によれば、被対象物に電子線を照射した際のチャージアップの現象およびチャージアップの緩和現象を軽減して被対象物の表面断面構造に適する検査条件を設定して、被対象物に対して信頼性の高い検査、計測、画像の表示等を実行することができる効果を奏する。また本発明によれば、被対象物に電子線を照射した際生じるチャージアップの現象およびチャージアップの緩和現象に適する検査条件を設定して、被対象物に対して信頼性の高い検査、計測、画像の表示等を実行することができる効果を奏する。また本発明によれば、半導体製造ラインの中で製造途中の半導体基板を実際に検査することができるので、この検査した結果を半導体製造ラインを構成する製造設備への制御データとして用いることにより、信頼性の高い半導体を安定して生産することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る複数の材質に対する加速電圧Eと二次電子放出効率 η との関係を示した図である。

【図2】図1に示す如く、加速電圧をほぼE_aにして複数の材質に対して二次電子放出効率 η が近い場合における検出画像の実施の形態を示す図である。

【図3】本発明に係る材質A（上部パターン）と材質B（下部パターン）とからなる表面断面構造を有する被対象物に電子線を照射して材質A（上部パターン）が正にチャージアップされる状況を示す略断面図である。

【図4】図3に示す如く、材質A（上部パターン）が正にチャージアップしたときに検出画像において欠陥が小さく検出させることを説明するための図である。

【図5】材質A（上部パターン）が正にチャージアップしたときに検出画像において上部パターンが縮小することを説明するための図である。

【図6】材質A（上部パターン）が正にチャージアップしたときに検出画像においてチャージアップの影響が電子線の高速走査方向に関係して現われることとマスク信号とを示す図である。

【図7】本発明に係る材質A（上部パターン）と材質B（下部パターン）とからなる表面断面構造を有する被対象物に電子線を照射して材質A（上部パターン）が負にチャージアップされる状況を示す略断面図である。

【図8】材質A（上部パターン）が負にチャージアップしたときに検出画像においてチャージアップの影響としてコントラストの低下が現われることとマスク信号とを示す図である。

【図9】材質A（上部パターン）が負にチャージアップしたときに検出画像において電子線の走査回数により変化することを説明するための図である。

【図10】本発明に係るある材質において正および負の電位勾配 α を付与した場合における二次電子放出率 η の変化を示す図である。

【図11】本発明に係る被対象物の表面断面構造である上部パターンが材質Aで下部パターンが材質Bの場合においてチャージアップの発生を低減するように適正な加速電圧Eと適正な電位勾配 α を設定する実施の形態を説明するための図である。

【図12】本発明に係る被対象物の表面断面構造である上部パターンが材質Bで下部パターンが材質Aの場合においてチャージアップの発生を低減するように適正な加速電圧Eと適正な電位勾配 α を設定する実施の形態を説明するための図である。

【図13】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第1の実施の形態を示す図である。

【図14】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムにおける各種シーケンスを説明するための図である。

【図15】本発明に係る検査条件適正化部および検査条件設定部のハード構成の一実施の形態を示す概略構成図である。

【図16】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第2の実施の形態を示す図である。

【図17】電子線を往復走査する場合において、検出される画像信号としてパターンの下流側に生じるチャージアップの現象を説明するための図である。

【図18】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第3の実施の形態を示す図である。

【図19】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第4の実施の形態を示す図である。

【図20】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第5の実施の形態を示す図である。

【図21】本発明に係る半導体の製造ラインの一実施の形態を示す図である。

【図22】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第6の実施の形態を示す図である。

【図23】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第7の実施の形態を示す図である。

【図24】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第8の実施の形態を示す図である。

【図25】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第9の実施の形態を示す図である。

【図26】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第10の実施の形態を示す図である。

【図27】本発明に係る被対象物上のパターンを検出するシステムの第11の実施の形態を示す図である。

【符号の説明】

1…材質A（上部パターン）、2…材質B（下部パターン）

3…材質A（上部パターン）、4…材質B（下部パターン）、5…電子線

6…二次電子、7…欠陥、8…材質A（上部パターン）
9…材質B（下部パターン）、11…センサ（二次電子検出器）

13…高さ検出センサ、14…電子線源、15…ビーム偏向器

16…二次電子検出器、17…E×B、18…対物レンズ

19…電位付与手段（グリッド等）、20…被対象物（被検査対象物）

21…試料台、22…焦点位置制御部、23…電位制御部

24…A/D変換器、25…画像処理部、26…全体制御部（制御用計算機）

28…ウエハ、27、27a、27b、27c、27d…検査条件適正化部

28…検査条件設定部、45…真空試料室、46…ステージ

47…走査制御部、48…グリッド電圧調整、49…試料台電位調整

50…ステージ制御部、51…線源電位調整、52…画像メモリ

53…画像比較手段、54…画像表示部、55…モニタ、56…計測処理部

71…二次電子、72…負の等電位線、73…0Vの等電位線

131…CPU、132…ROM、133…画像メモリ、134…RAM

135…入力手段（キーボード、マウス等）、136…表示手段（モニタ）

137…外部記憶装置、138…CADデータ、211…製造ライン

212…ウエハ、213…品質管理ネットワーク、214…端末

215…品質検査装置、216…中間外観検査装置、217…プローブテスタ

232…画像メモリ、234…メモリ、235…マスクデータ

241…メモリ、242…画像加算回路、243…ゲート回路

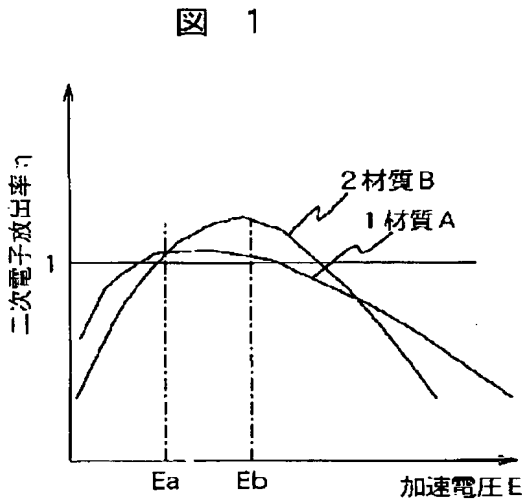
251…遅延回路、254…画像比較手段、255、256…切りだし回路

257、258…画像メモリ、259…詳細解析手段

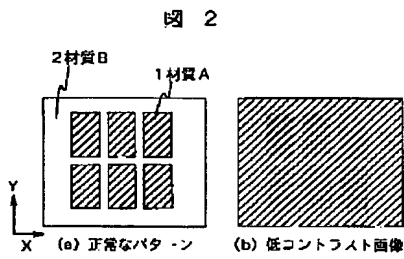
263…構造的特徴抽出手段、271…位置モニタ用測長器

273…電子シャワー発生器、274…イオンシャワー発生器

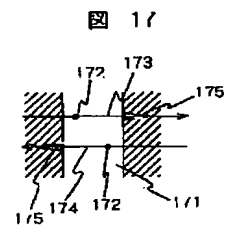
【図1】



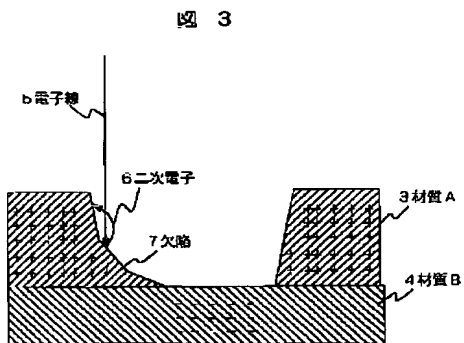
【図2】



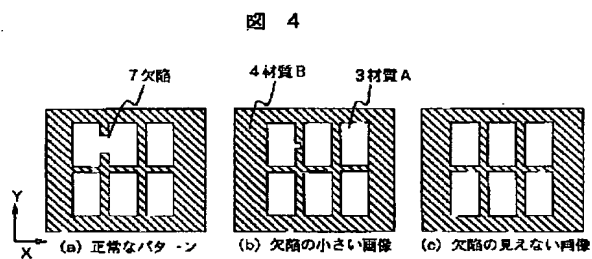
【図17】



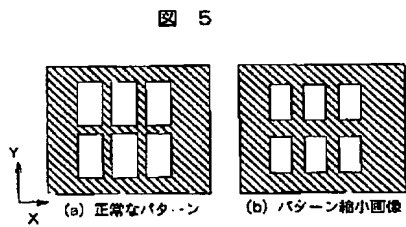
【図3】



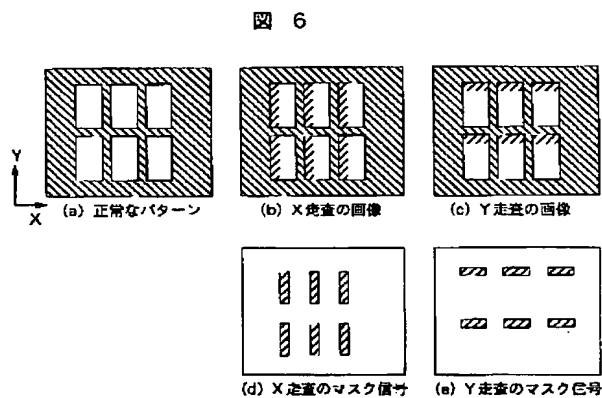
【図4】



【図5】

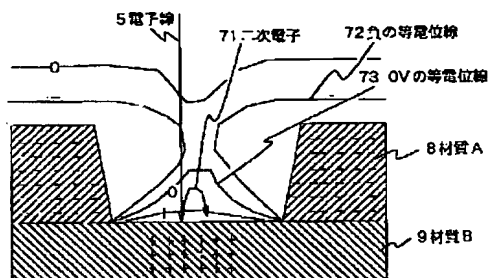


【図6】



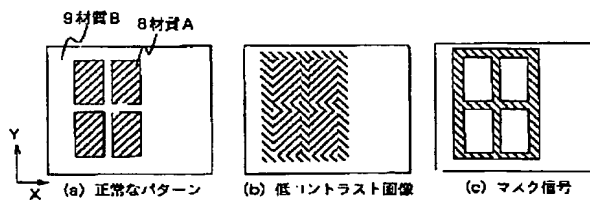
【図7】

図 7



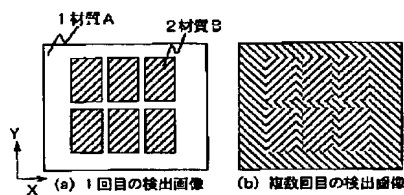
【図8】

図 8



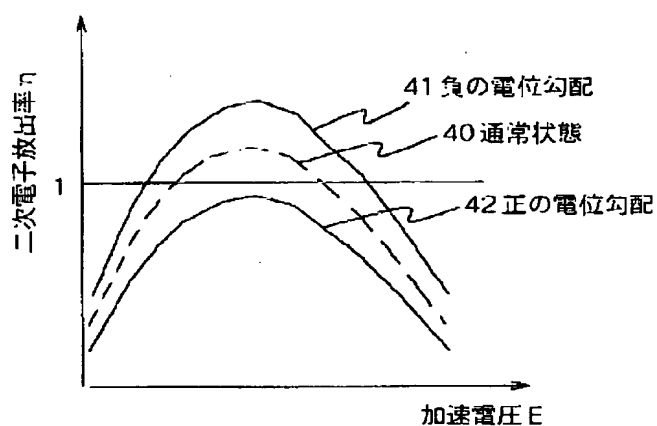
【図9】

図 9



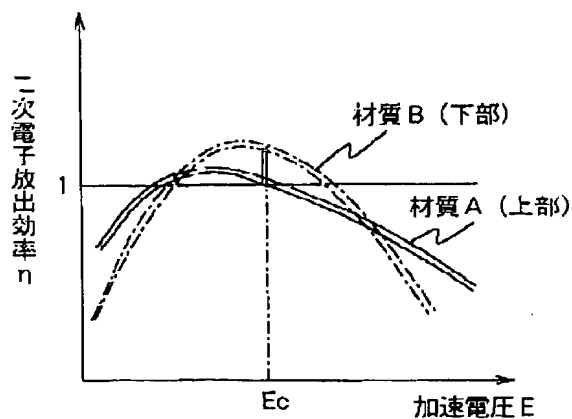
【図10】

図 10



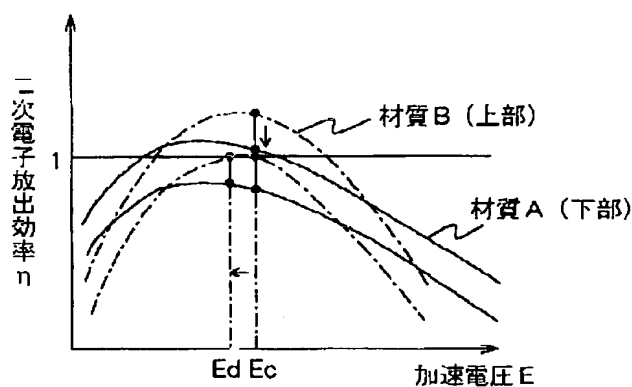
【図11】

図 11



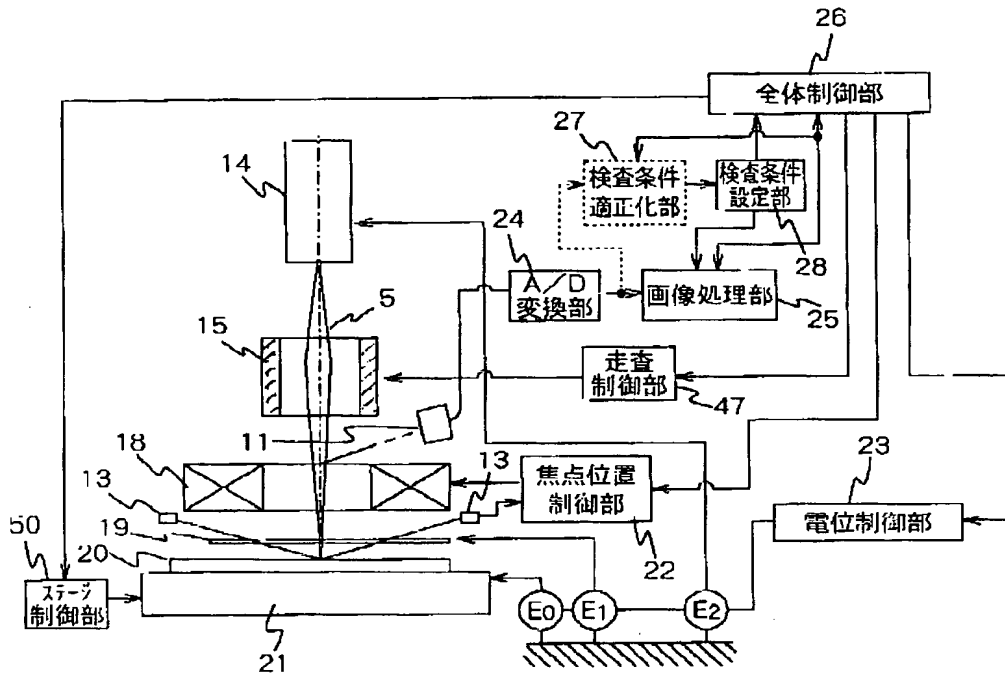
【図12】

図 12



【図13】

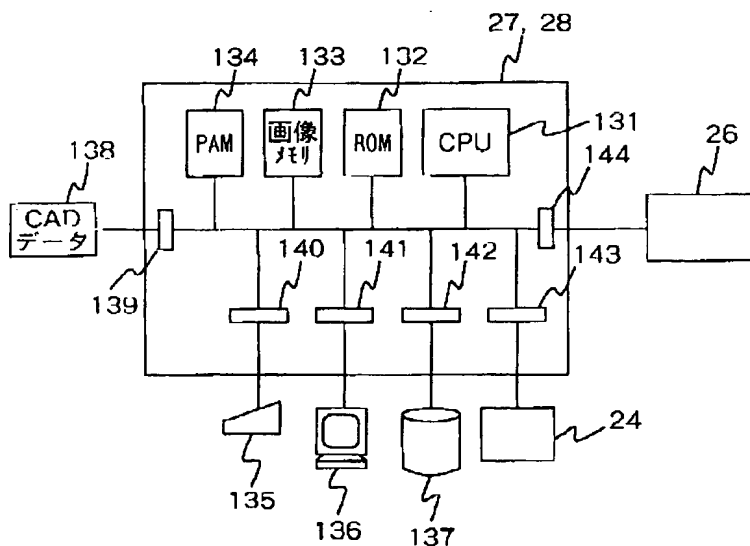
図 13



11…センサ（二次電子検出器） 13…高さ検出センサ 14…電子線源
 15…ビーム偏向器 18…対物レンズ 19…電位付与手段（グリッド）
 20…被対象物 21…試料台

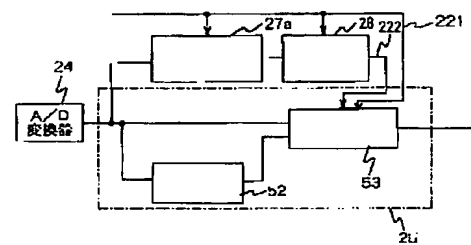
【図15】

図 15

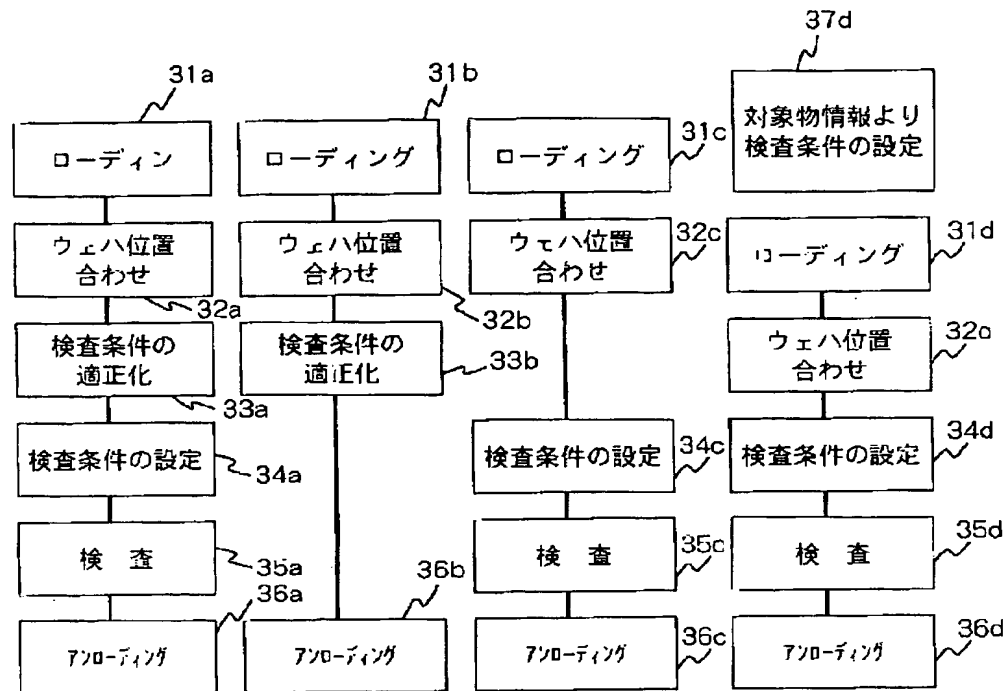


【図22】

図 22



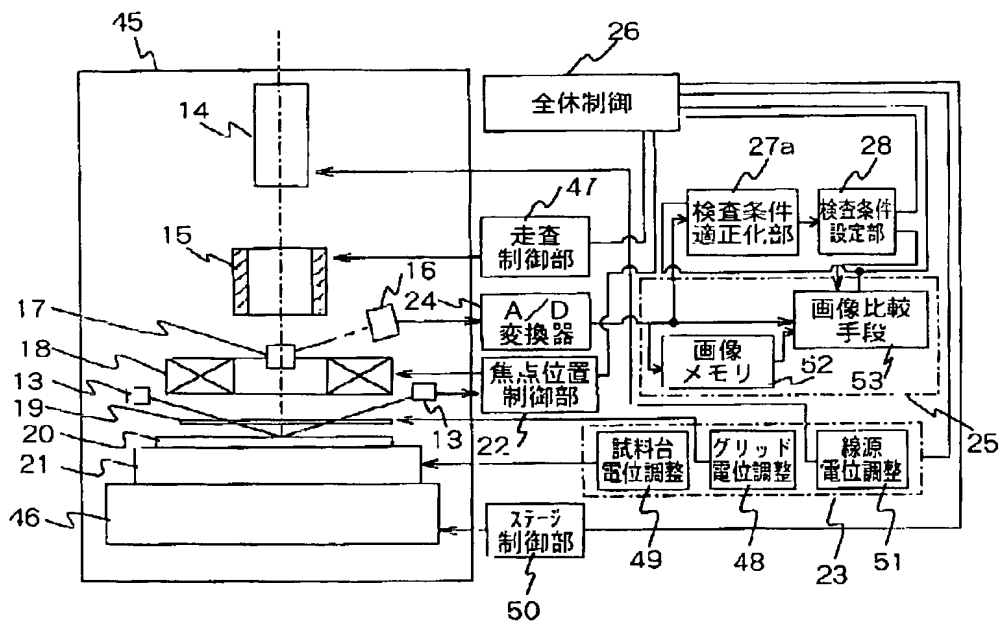
【図14】



(a) 検査時に条件設定をする方式 (b) 検査前に条件設置をする方式 (c) 対象物情報より条件設定をする方式

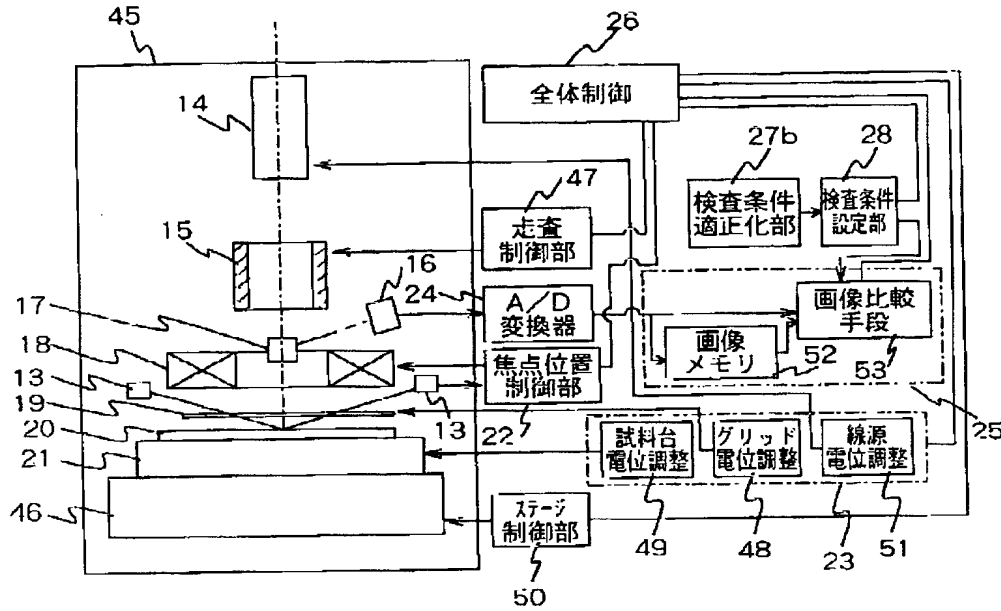
【図16】

図 16



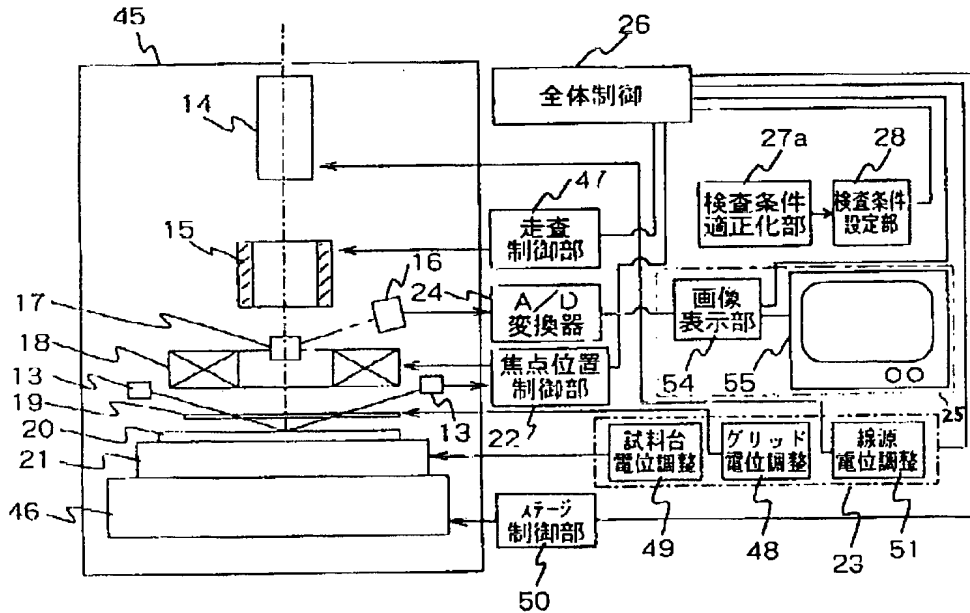
【図18】

図 18



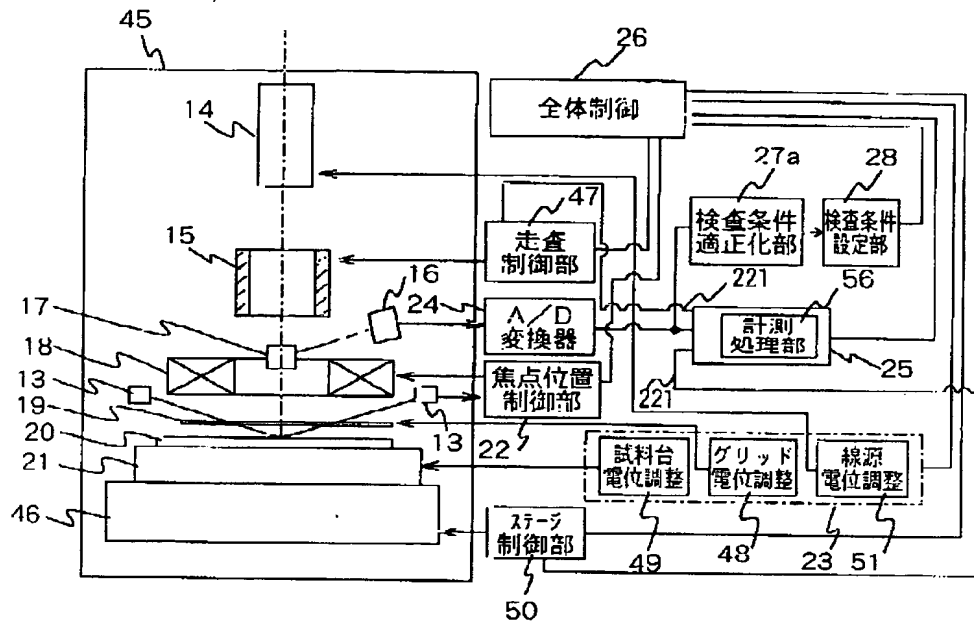
【図19】

図 19

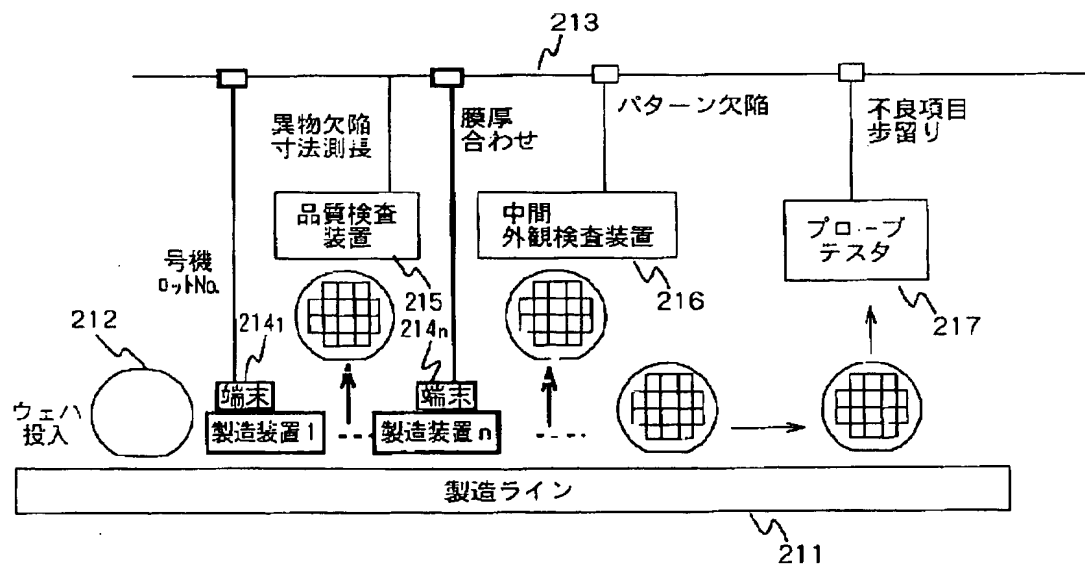


【図20】

図 20

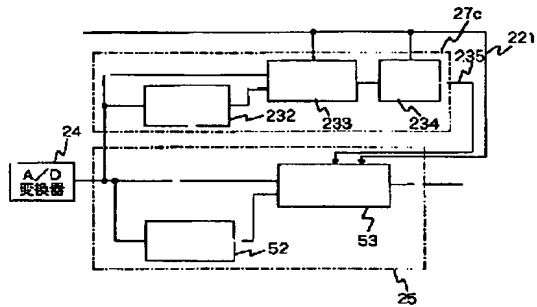


【図21】



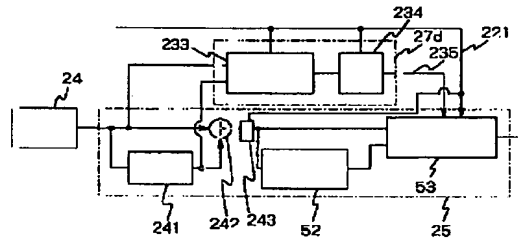
【図23】

図 23



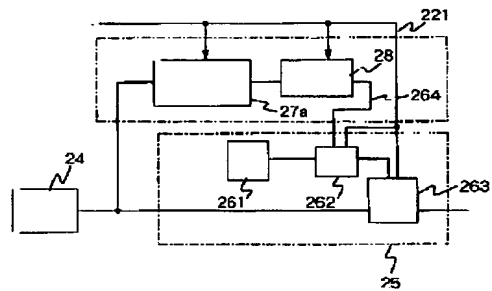
【図24】

図 24



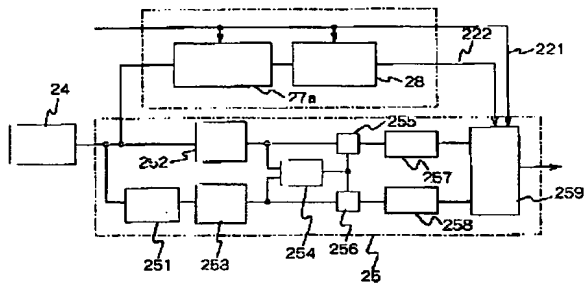
【図26】

図 26



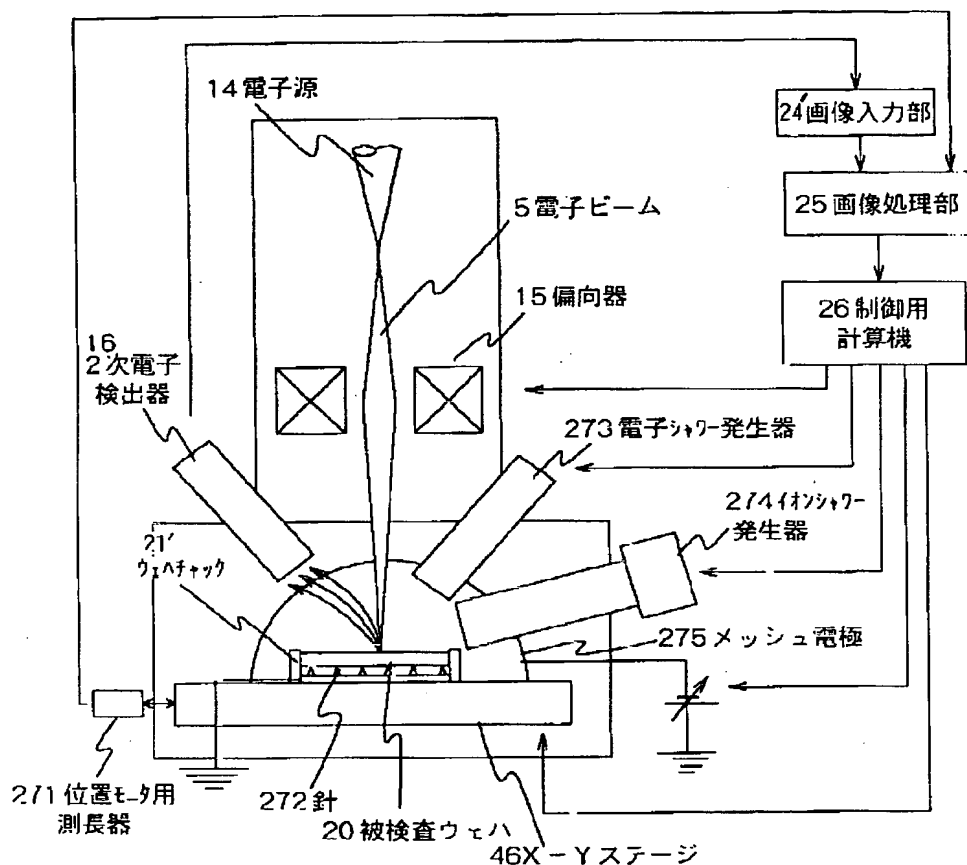
【図25】

図 25



【図27】

図 27



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H01L 21/66

識別記号

庁内整理番号

FI

H01L 21/66

技術表示箇所

C

Z

(72)発明者 久邇 朝宏

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 松山 幸雄

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 高木 裕治

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 品田 博之

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地株
式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 野副 真理

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地株
式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 杉本 有俊

東京都青梅市今井2326番地株式会社日立製
作所デバイス開発センタ内